



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA STAVEBNÍ**

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

**ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV**

INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

# **VZDUCHOTECHNICKÉ JEDNOTKY PRO VĚTRÁNÍ BYTŮ**

AIR HANDLING UNITS FOR VENTILATION OF FLATS

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

DIPLOMA THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

**Bc. Eliška Grmolcová**

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

**Ing. OLGA RUBINOVÁ, Ph.D.**

**BRNO 2018**





## VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3608T001 Pozemní stavby
Pracoviště	Ústav technických zařízení budov

### ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Eliška Grmolcová
Název	Vzduchotechnické jednotky pro větrání bytů
Vedoucí práce	Ing. Olga Rubinová, Ph.D.
Datum zadání	31. 3. 2017
Datum odevzdání	12. 1. 2018
V Brně dne 31. 3. 2017	

doc. Ing. Jiří Hirš, CSc.  
Vedoucí ústavu



prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA  
Děkan Fakulty stavební VUT

## PODKLADY A LITERATURA

1. Stavební dokumentace zadané budovy
2. Aktuální legislativa ČR
3. České i zahraniční technické normy
4. Odborná literatura
5. Zdroje na internetu

## ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

A. Analýza tématu, cíle a metody řešení

Analýza zadaného tématu, normové a legislativní podklady

Cíl práce, zvolené metody řešení

Aktuální technická řešení v praxi

Teoretické řešení (s využitím fyzikální podstaty dějů)

Experimentální řešení (popis metody a přístrojové techniky)

Řešení využívající výpočetní techniku a modelování

B. Aplikace tématu na zadané budově - koncepční řešení Návrh technického řešení ve 2 až 3 variantách v zadané specializaci (včetně doložených výpočtů) v rozpracovanosti rozšířeného projektu pro stavební povolení: půdorysy v měřítku 1:100, stručná technická zpráva (v tématech zaměřených na energetickou náročnost budou využívány metody energetického auditu a aktuální legislativy)

Ideové řešení navazujících profesí TZB (ZTI, UT, VZT) v zadané budově

Hodnocení navržených variant řešení z hlediska vnitřního prostředí, uživatelského komfortu, prostorových nároků, ekonomiky provozu, dopadu na životní prostředí apod.;

C. Experimentální řešení a zpracování výsledků

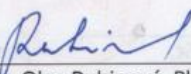
Experiment realizovaný v laboratoři nebo reálné budově postihující zadanou problematiku.

## STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).

2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

  
Ing. Olga Rubinová, Ph.D.  
Vedoucí diplomové práce

## **ABSTRAKT**

Tato diplomová práce se zabývá malými vzduchotechnickými jednotkami, pro větrání bytů a rodinných domů. Nejprve jsem se zabývala měřením dvou kompaktních vzduchotechnických jednotek, zpracováním naměřených dat, porovnáním a vyhodnocením jednotky s lepšími technickými vlastnostmi. Druhým úkolem je zpracování variantních návrhů řešení větrání rodinného domu. První varianta počítá při větrání pouze s jednou vzduchotechnickou jednotkou, v druhé variantě jsou navrženy dvě vzduchotechnické jednotky. Tyto varianty byly posléze porovnány a vyhodnoceny z hlediska pořizovací ceny a nákladů na provoz.

## **PREFACE**

This diploma thesis deals with small air-conditioning units for ventilation of flats and family houses. First, I studied two compact air-conditioning units, processed measured data, comparing and evaluating a unit with better technical characteristics. The second task is to process variants of design solutions for the ventilation of a family house. The first variant calculates with only one air-conditioning unit when ventilating, in the second variant two air-handling units are designed. These variants were then compared and evaluated in terms of acquisition cost and operating costs.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Zpětné získávání tepla, entalpický výměník, deskový rekuperační výměník, větrání rodinného domu

## **KEY WORDS**

Heat Recovery, Enthalpic Exchanger, Plate Recuperator Exchanger, Ventilation of a Family House

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

Bc. Eliška Grmolcová *Vzduchotechnické jednotky pro větrání bytů*. Brno, 2017. 143 s., 19 s. příl.  
Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technických zařízení  
budov. Vedoucí práce Ing. Olga Rubinová, Ph.D.

## **PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 12. 1. 2018

---

Bc. Eliška Grmolcová  
autor práce

## Poděkování.

Tímto bych chtěla poděkovat zejména vedoucí mé diplomové práce, paní Ing. Olze Rubinové, Ph.D, za trpělivost, pomoc a užitečné rady, které jsem při zpracování této práce obdržela. Dále bych ráda poděkovala své rodině a přáteli, kteří mi vycházeli vždy vstříc a podporovali mě při studiích.



## Obsah

<b>ÚVOD.....</b>	<b>12</b>
1.1 ZPĚTNÉ ZÍSKÁVÁNÍ TEPLA VE VZDUCHOTECHNICE .....	12
1.2 HODNOCENÍ SYSTÉMU ZZT .....	13
1.3 ÚPRAVA VZDUCHU PŘI ZZT .....	14
1.4 SOUČÁSTI ZZT .....	16
1.5 DRUHY VÝMĚNÍKŮ PRO ZZT .....	16
1.5.1 REKUPERAČNÍ VÝMĚNÍKY .....	16
1.5.2 REGENERAČNÍ.....	24
1.5.3 TEPELNÁ ČERPADLA .....	27
1.6 EKONOMICKÉ HODNOCENÍ ZAŘÍZENÍ ZZT .....	31
1.7 NÁVRH ZAŘÍZENÍ.....	32
1.7.1 OBECNÝ POSTUP: .....	32
<b>2 APLIKACE TÉMATU NA ZADANÉ BUDOVĚ .....</b>	<b>33</b>
2.1 ANALÝZA OBJEKTU .....	34
2.1.1 POPIS OBJEKTU .....	35
2.1.2 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ .....	35
2.1.3 POPIS VARIANTNÍHO ŘEŠENÍ .....	35
2.2 VÝPOČTOVÁ ČÁST – NÁVRH SYSTÉMU VĚTRÁNÍ .....	35
2.2.1 STANOVENÍ PRŮTOKŮ VZDUCHU .....	35
2.3 NÁVRH DISTRIBUČNÍCH ELEMENTŮ .....	38
2.3.1 PŘEHLED DISTRIBUČNÍCH ELEMENTŮ .....	38
2.3.2 VĚTRÁNÍ PŘÍZEMÍ .....	45
2.3.3 VĚTRÁNÍ 1. NP .....	46
2.3.4 VĚTRÁNÍ 2.NP .....	47
2.4 VARIANTNÍ ŘEŠENÍ .....	48
2.4.1 VARIANTA I. ....	48
2.4.2 VARIANTA I. - NÁVRH POTRUBÍ.....	48
2.4.3 NÁVRH ZEMNÍHO VÝMĚNÍKU .....	54
2.4.4 VARIANTA I. - NÁVRH REKUPERAČNÍ JEDNOTKY .....	57
2.5 VARIANTA II.....	63
2.5.1 VARIANTA II. - NÁVRH POTRUBÍ.....	63
2.5.2 VARIANTA II. - NÁVRH REKUPERAČNÍ JEDNOTKY .....	71
2.6 ZÁVĚREČNÉ SHRNUTÍ A POROVNÁNÍ VARIANT .....	75
2.7 TECHNICKÁ ZPRÁVA – I. VARIANTA.....	76
2.7.1 ÚVOD.....	76
2.7.2 PODKLADY PRO ZPRACOVÁNÍ.....	76
2.7.3 VÝPOČTOVÉ HODNOTY KLIMATICKÝCH POMĚRŮ .....	76

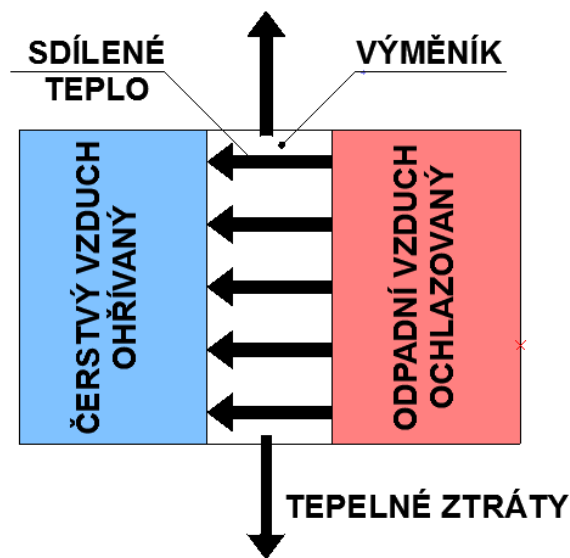
2.7.4	VÝPOČTOVÉ HODNOTY VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ .....	77
2.8	ZÁKLADNÍ KONCEPČNÍ ŘEŠENÍ .....	77
2.8.1	HYGIENICKÉ VĚTRÁNÍ A KLIMATIZACE .....	78
2.8.2	ENERGETICKÉ ZDROJE.....	78
2.8.3	POPIS TECHNICKÉHO ŘEŠENÍ.....	78
2.9	NÁROKY NA ENERGIE.....	79
2.10	MĚŘENÍ REGULACÍ.....	79
2.10.1	NÁROKY NA SOUVISEJÍCÍ PROFESE .....	79
2.10.2	IZOLACE A NÁTĚRY .....	80
2.10.3	PROTIPOŽÁRNÍ OPATŘENÍ .....	80
2.10.4	MONTÁŽ, PROVOZ, ÚDRŽBA A OBSLUHA ZAŘÍZENÍ.....	80
2.10.5	ZÁVĚR .....	80
2.11	TECHNICKÁ ZPRÁVA – II. VARIANTA .....	85
2.11.1	ÚVOD .....	85
2.11.2	PODKLADY PRO ZPRACOVÁNÍ.....	85
2.11.3	VÝPOČTOVÉ HODNOTY KLIMATICKÝCH POMĚRŮ.....	85
2.11.4	VÝPOČTOVÉ HODNOTY VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ .....	85
2.12	ZÁKLADNÍ KONCEPČNÍ ŘEŠENÍ .....	86
2.12.1	HYGIENICKÉ VĚTRÁNÍ A KLIMATIZACE .....	86
2.12.2	ENERGETICKÉ ZDROJE.....	87
2.12.3	POPIS TECHNICKÉHO ŘEŠENÍ.....	87
2.13	NÁROKY NA ENERGIE.....	88
2.14	MĚŘENÍ REGULACÍ.....	88
2.14.1	NÁROKY NA SOUVISEJÍCÍ PROFESE .....	88
2.14.2	IZOLACE A NÁTĚRY .....	89
2.14.3	PROTIPOŽÁRNÍ OPATŘENÍ .....	89
2.14.4	MONTÁŽ, PROVOZ, ÚDRŽBA A OBSLUHA ZAŘÍZENÍ.....	89
2.14.5	ZÁVĚR .....	<b>CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.</b>
<b>3</b>	<b>EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST .....</b>	<b>94</b>
3.1	ÚVOD .....	95
3.2	POROVNÁNÍ TECHNICKÉHO VYBAVENÍ .....	95
3.2.1	MITSUBISHI LOSSNAY .....	95
3.2.2	SYSTEMAIR VILLAVENT VX 400 E .....	99
3.3	MĚŘENÍ RYCHLOSTI VZDUCHU.....	100
3.3.1	POSTUP MĚŘENÍ .....	100
3.4	VÝSLEDKY MĚŘENÍ PRŮTOKU VZDUCHU .....	102
<b>4</b>	<b>MĚŘENÍ TEPLoty, VLHKOSTI A TEPLoty ROSNÉHO BODU .....</b>	<b>104</b>
4.1	VÝSLEDKY MĚŘENÍ 1. TÝDEN.....	108
4.1.1	PRŮBĚH TEPLot Z CELÉHO TÝDNE.....	108
4.1.2	PRŮBĚH VE VYBRANÝCH ÚSECÍCH .....	109
4.2	VÝSLEDKY MĚŘENÍ 2. TÝDNE.....	115
4.2.1	PRŮBĚH TEPLot Z CELÉHO TÝDNE.....	115
4.2.2	PRŮBĚH VE VYBRANÝCH ÚSECÍCH .....	116
4.3	VÝSLEDKY MĚŘENÍ 3. TÝDNE .....	121

4.3.1	PRŮBĚH TEPLŮT Z CELÉHO TÝDNE .....	121
4.3.2	PRŮBĚHY VE VYBRANÝCH ÚSECÍCH .....	122
4.4	MĚŘENÍ VIBRACÍ JEDNOTEK .....	127
4.4.1	VÝSLEDKY MĚŘENÍ .....	128
4.5	MĚŘENÍ HLUKU .....	129
4.6	ZÁVĚREČNÉ SROVNÁNÍ JEDNOTEK .....	133
4.7	ZÁVĚR.....	133
<b>5</b>	<b>ZÁVĚREČNÉ ZHODNOCENÍ MÉ DIPLOMOVÉ PRÁCE .....</b>	<b>134</b>
<b>6</b>	<b>POUŽITÉ ZDROJE.....</b>	<b>135</b>
6.1	ČÁST A .....	135
6.2	ČÁST B .....	138
6.3	ČÁST C.....	140
6.4	SEZNAM OBRÁZKŮ .....	140
6.5	SEZNAM GRAFŮ .....	143
<b>7</b>	<b>PŘÍLOHY .....</b>	<b>143</b>

## ÚVOD

### 1.1 ZPĚTNÉ ZÍSKÁVÁNÍ TEPLA VE VZDUCHOTECHNICE

Úspory energií, ekonomické i ekologické faktory vyžadují racionální přístup s hospodařením tepla i ve vzduchotechnice. [1] Tyto skutečnosti splňuje zpětné získávání tepla, což by se dalo nazvat „recyklací tepla technickým zařízením“. Tento proces pracuje na principu využívání tepla obsaženého v odváděném, znehodnoceném vzduchu pro předehřev venkovního čerstvého vzduchu, přiváděného do interiéru. Požadavky a podmínky, za jakých jsme povinni vybavit vzduchotechnické zařízení zpětným získáváním tepla, je uvedeno v normě ČSN 73 05 40-2 Tepelná ochrana budov. Část 2: Požadavky.



Obrázek 1 Princip ZZT (1)

Zařízení pro ZZT je dnes nedílnou součástí všech klimatizačních a větracích zařízení. Neustále se vyvíjí a zlepšují technické parametry, aplikace a jejich provozování. Menší zařízení pro ZZT nachází široké uplatnění při větrání nízkoenergetických domů a bytů. Výrazně snižují spotřebu energie na jejich větrání. V administrativních budovách se pak využívá i pro přenos vlhkosti.

## 1.2 HODNOCENÍ SYSTÉMU ZZT

Systémy ZZT jsou hodnoceny z hlediska jejich účinnosti. Účinnost, nebo také termická účinnost, je parametr vztažený k vnějšímu vzduchu a vyjadřuje poměr rozdílu teplot přiváděného vzduchu a rozdílu teploty odváděného vzduchu a přiváděného vzduchu před výměníkem.

$$\eta = \frac{t_{E2} - t_{E1}}{t_{I1} - t_{E1}} [\%] \quad [1.1]$$

Účinnost je ovlivněna několika různými faktory. Tím hlavním je velikost teplosměnné plochy, a tedy velikostí celého výměníku. Pokud je pro malý průtok navržen velký výměník, účinnost roste, tlakové ztráty klesají a naopak. Hodnota účinnosti také závisí na poměru průtoku přiváděného a odváděného vzduchu. Je-li množství odváděného vzduchu větší než množství přiváděného, teplotní faktor roste. Kondenzace vlhkosti odváděného vzduchu, je dalším činitelem, působícím na účinnost. Jestliže má odváděný vzduch vyšší vlhkost, roste teplota rosného bodu a tím i riziko kondenzace vodních par. Při kondenzaci se předává do přiváděného vzduchu i vázané výparné teplo z odváděného proudu a roste i součinitel přestupu tepla na straně výměníku. Vidíme tedy, že kondenzace má vysoký vliv na zvýšení teplotního faktoru. [2]

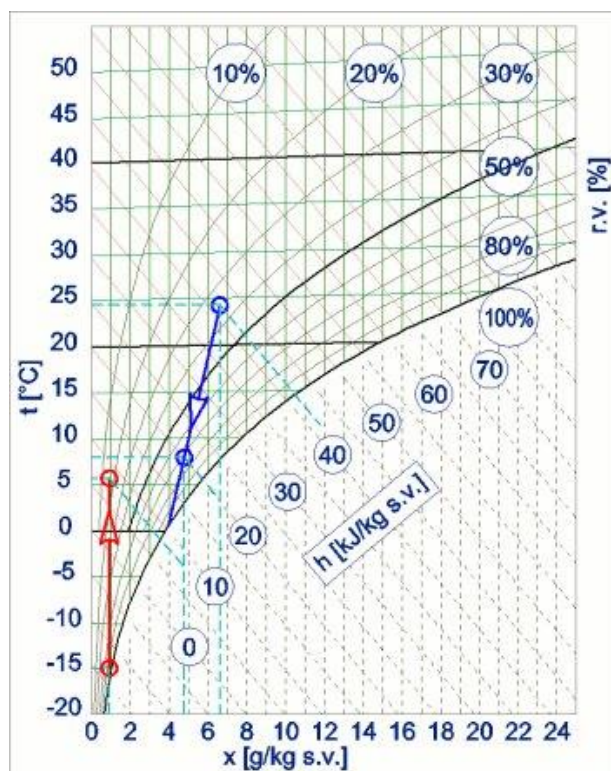
Někteří výrobci těchto vlastností využívají a ukazují maximální účinnost svých výrobků, která ovšem v reálném použití nebude dosažena, nebo bude dosažena pouze krátkodobě při určitých podmínkách.

Snaha dosáhnout maximální účinnosti ZZT není prvořadá. Cílem každého řešení by mělo být navrhnout optimální systém pro dané podmínky a použití. Výměníky ZZT pro vzduchotechniku mají i řadu dalších vlastností jako tlakové ztráty, hmotnost, velikost atd. Proto při návrhu výměníku jako součásti celého systému řešení vzduchotechniky je nutné tyto další parametry zohlednit. [3]

### **1.3 ÚPRAVA VZDUCHU PŘI ZZT**

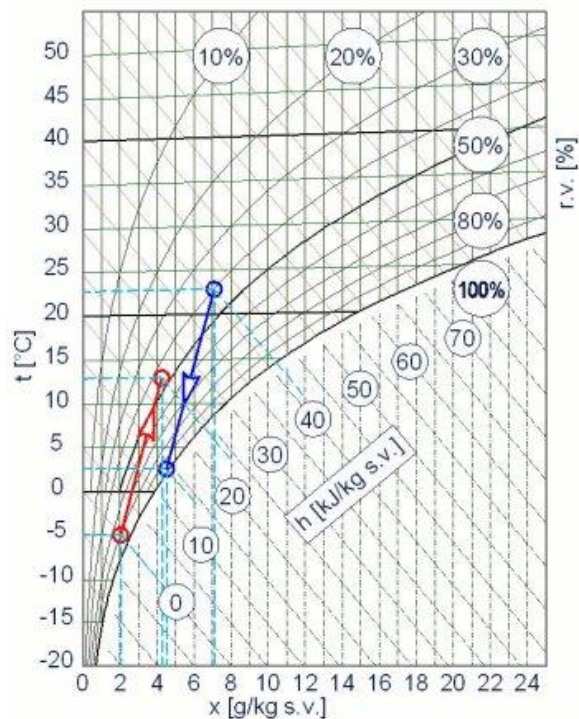
Většina zařízení ZZT, předává do čerstvého přiváděného vzduchu citelné teplo, ale některá zařízení umožňují i přenos vlhkosti, tzn. tepla vázaného. Pro zařízení ZZT přenášející jak citelné, tak vázané teplo se někdy používá název entalpické výměníky.

Na obrázku je model znázorňující rekuperaci. Předpokládá, že přiváděný vzduch je sušší, než odváděný a nedochází zde ke změně měrné vlhkosti. U odváděného vzduchu ke změně vlhkosti může, ale nemusí, dojít v závislosti na zadaných podmínkách. Pokud je zadána základní termická účinnost (bez zahrnutí vlivu kondenzace a rozdílných průtoků vzduchu na přívodu a odvodu) a další průtokové parametry, tak se dále dopočítá skutečná účinnost se zahrnutím reálných poměrů na výměníku. Výpočet používá bilanční model, který předpokládá, že tepelná energie uvolněná z jednoho proudu vzduchu se rovná energii předané druhému proudu vzduchu. Při výpočtu je uvažována celá řada zjednodušujících předpokladů, a proto je výpočet pouze orientační. [4]



Obrázek 2 H-X diagram znázorňující rekuperaci (2)

Na dalším schématu vidíme obecné znázornění průběhu regenerace při které dochází ke zpětnému získávání vlhkosti. Přiváděný vzduch je ohříván a zvlhčován. Směr změny stavu záleží na teplotním a vlhkošním faktoru.



Obrázek 3 H-X diagram znázorňující regeneraci (3)

## 1.4 SOUČÁSTI ZZT

Zařízení pro tento proces, je buď součástí vzduchotechnických sestavných jednotek nebo se vyrábí samostatně pro montáž do potrubí. Aby výměník pro ZZT správně fungoval, je třeba jej vybavit filtry na straně přiváděného venkovního vzduchu a na odvodu vzduchu z místnosti. Typ a počet filtrů se určí podle náročnosti a stupni znečištění provozu. U větších jednotek je nezbytnou součástí ohřívač vzduchu, pro případné dohřátí vzduchu. Malé jednotky, osazovány do objektů s malým průtokem vzduchu a které nabývají větší účinnosti, ohřívač nepotřebují. Zde mohou funkci ohřívače plnit i otopná tělesa.

## 1.5 DRUHY VÝMĚNÍKŮ PRO ZZT

Při ZZT je využíváno principu přenosu tepla konvekci – přímá předávka tepla, či skupenských změn – pomocí teplotnosné látky. Proto je možné podle způsobu přenosu tepla, zařízení rozdělit do tří skupin.

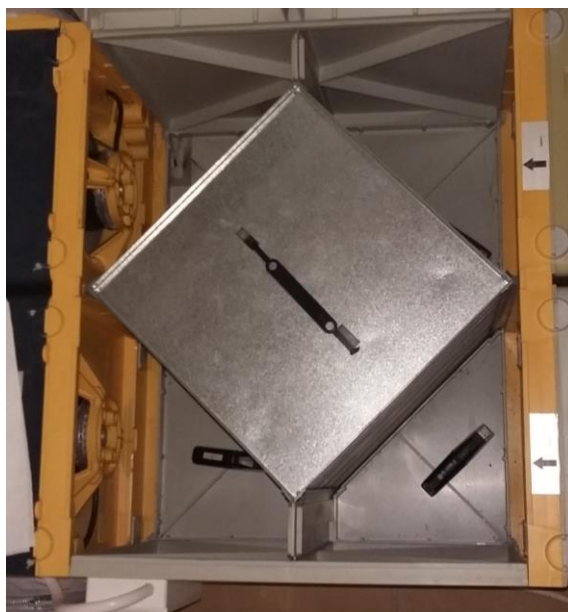
### 1.5.1 Rekuperační výměníky

Zpětné získávání tepla lze realizovat pomocí rekuperace, kdy tepelná energie je předávána z odpadního vzduchu do přiváděného vzduchu přes pevnou stěnu. Při tomto principu nedochází k žádnému přenosu hmoty mezi odpadním a přiváděným vzduchem, a proto se obecně hodí pro znečištěný odpadní vzduch.

- Deskové výměníky s přímou výměnou vzduch-vzduch
- Výměníky z tepelných trubic pracující bez pohonu teplotnosného média
- Výměníky s kapalinovým okruhem pracující s pohonem teplotnosného média

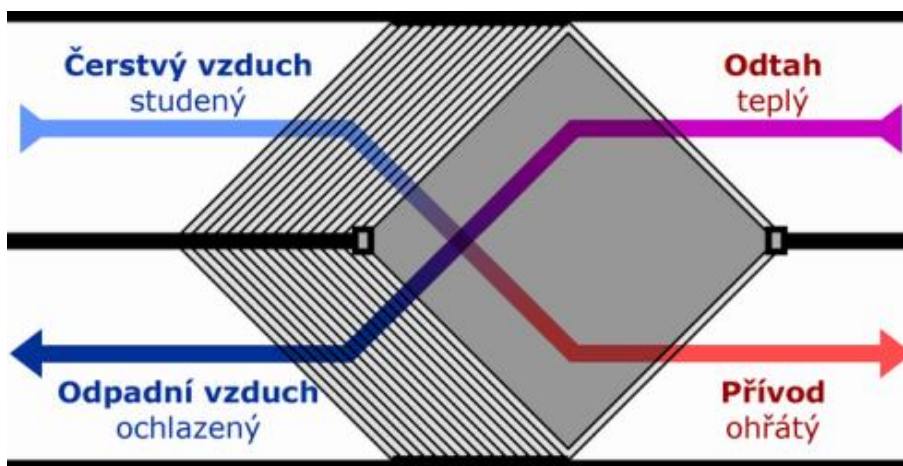
#### 1.5.1.1 Deskový rekuperační výměník

Tento typ výměníku je nejhojněji využíván v prostorách s malým průtokem vzduchu, jako například domácnosti nebo menší provozovny. Výměník je tvořen sadou rovnoběžných desek, mezi nimiž proudí střídavě teplý a chladný proud vzduchu. Proud odváděného vzduchu je od proudu přiváděného vzduchu oddělen tepelně vodivými profilovanými deskami, tvořícími teplosměnnou plochu. Proto je tento systém vhodný v prostorách, kde je odváděný vzduch znečištěn pachy, choroboplodnými zárodky, vlákny, prachem, tukem či olejem. Avšak není vhodné ho umísťovat do příliš znečištěného prostředí, kvůli jeho špatné čistitelnosti.



Obrázek 4 Deskový rekuperátor (4)

Desky mohou být v různém provedení např. z pozinkovaného plechu, nerez-oceli, hliníku či plastu. Tloušťka desky je okolo 0,4 – 1 mm. Tyto komponenty jsou buď slepeny, svařeny, sletovány, výjimečně mohou být přišroubovány. Profil desek a šířka průduchů záleží na předpokládaném znečištění vzduchu. Díky těmto nepropustným materiálům není možné, aby tyto výměníky přenášely vlhkost. Kvůli zamezení rizika námrazy, se před tento výměník většinou instaluje přehřev.



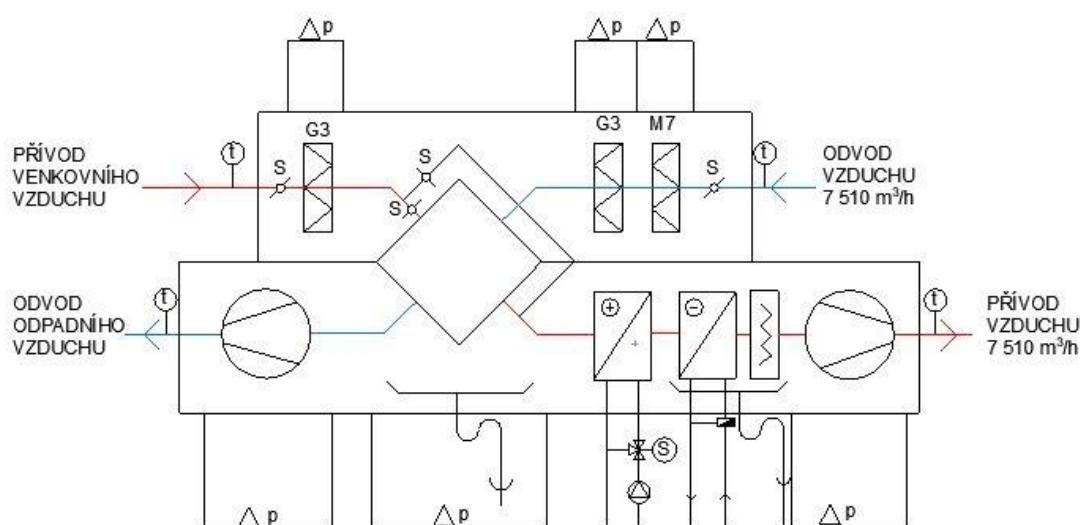
Obrázek 5 Schéma deskového rekuperátoru (5)

Deskové výměníky jsou převážně realizovány jako křížové, ve tvaru čtverce. Teplotní faktor u kolmého křížení proudů je 40-80 %, avšak vyšší než 50 % dosahuje pouze při kondenzaci par v odváděném vzduchu. V posledních letech však tvar deskových rekuperátorů prošel vývojem.



Z původních čtvercových se staly šestiúhelníkové, v provedení s částečně protiproudým vedením proudů vzduchu. Díky této úpravě bude turbulence vzduch proudit s co největší turbulentností za co nejmenších tlakových ztrát. Díky tomu, může teplotní faktor dosahovat až 95 %.

Účinnost u deskových rekuperátorů je ovlivněna více faktory. Prvním z nich je velikost teplosměnné plochy. Avšak čím větší výměník bude, tím poroste také jeho pořizovací cena. Druhou možností je sestavení více výměníků do řad za sebou. Účinnost sice poroste, ale spolu s ní porostou také tlakové ztráty. Další alternativou je zvýšení součinitele přestupu tepla na teplosměnné ploše. Toho docílíme buď zvýšením rychlosti proudícího vzduchu nebo zdrsňením povrchu výměníku. Obě možnosti ovšem opět vedou ke zvýšení tlakových ztrát.



Obrázek 6 Funkční schéma – zapojení deskového výměníku ve VZT jednotce (6)

Kvůli kondenzaci vlhkosti zejména v zimním období, je nedílnou součástí kondenzátní vana. Zde se shromažďuje vzniklý kondenzát, který je následně přes zápachovou uzávěrku vypouštěn do kanalizace. Při kondenzaci může též dojít k namrzání vody. Námraza pak způsobuje neprůchodnost vzduchu výměníkem, zhoršuje přestup tepla nebo může výměník poškodit. Odstranit námrazu můžeme několika způsoby, např. uzavřením přívodu vzduchu z exteriéru, kdy je do výměníku vháněn pouze teplý odpadní vzduch, díky čemuž námraza roztaje.

Tyto výměníky nelze regulovat. Proto jsou většinou vybaveny obtokem (bypassem) s klapkou, které zajistí průtok čerstvého vzduchu mimo výměník, zejména v letních měsících, kdy ZZT není vhodné provozovat.

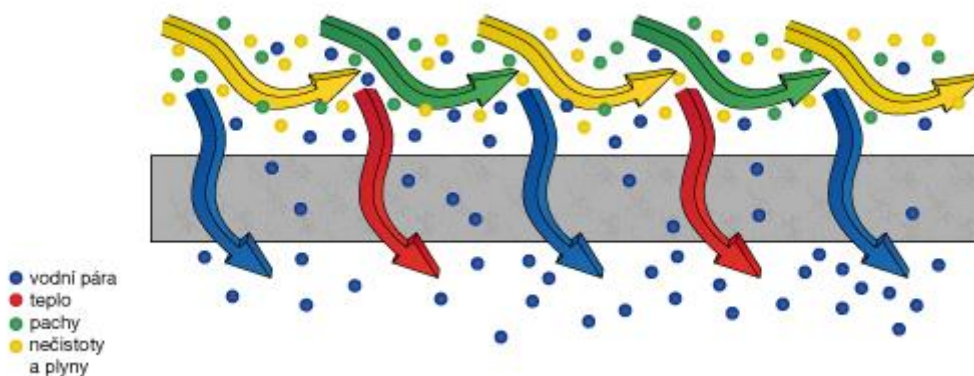
### 1.5.1.2 Entalpický výměník

Jedná se o speciální druh deskového výměníku, který přenáší nejen teplo, ale také vzdušnou vlhkost.



Obrázek 7 Entalpický výměník z nasákavého papíru Core (7)

Tyto výměníky jsou vyráběny z pórovitých materiálů, které fungují jako molekulové síto propouštějící současně teplo i vodní páry. Materiálem mohou být buď speciální nasákavý papír anebo speciální umělé hmoty. Tvar výměníku je stejný jako u běžného rekuperačního výměníku, a to buď křížový čtvercový nebo protiproudý šestihran. Teplotní účinnost těchto výměníků, se pohybuje okolo 80 %, vlhkostní účinnost pak 60–70 %.



Obrázek 8 Přenos vodní páry a teploty přes membránu výměníku (8)

Velkou výhodou těchto výměníků je, že řeší problém s nízkou vlhkostí v interiéru v zimním období. Další výhodou je, že mohou pracovat až do  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ , protože nehrozí riziko námrazy výměníků. Avšak při nižších teplotách toto riziko nastává a může dojít k degradaci výměníku,

proto je vhodné elektrický předehřívač, který však zvyšuje náklady jak pořizovací, tak provozní. Vhodným systémem pro předehřev vzduchu může být též zemní výměník. Další výhodou u entalpického výměníku je, že nemusíme řešit odvod kondenzátu.

Výměník není vhodné umístit tam, kde dochází k výskytu nečistot jako prašnosti, mastnoty apod.

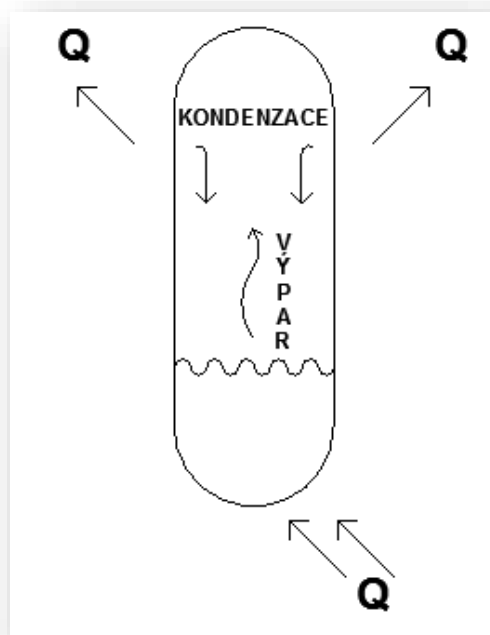
### 1.5.1.3 Tepelné trubice

Jedná se o uzavřený dvoufázový systém ZZT s přirozeným oběhem chladiva. Je tvořen uzavřenými trubicemi, které jsou naplněny chladivem. Jednotlivé trubice jsou uloženy do společného rámu. Výměník je rozdělen na dvě části; dolní, která je obtékána odváděným proudem vzduchu a horní, umístěna v proudu přiváděného vzduchu. V první fázi chladivo převezme výparné teplo, dochází k varu a následnému odpaření chladiva. Vzniklé páry stoupají do horní části výměníku. Ve druhé fázi, páry v chladnějším konci trubice kondenzují a stékají zpět do spodní části. Proces se stále opakuje. Použité chladivo a tlak v trubici musí odpovídat teplotám vzduchu.



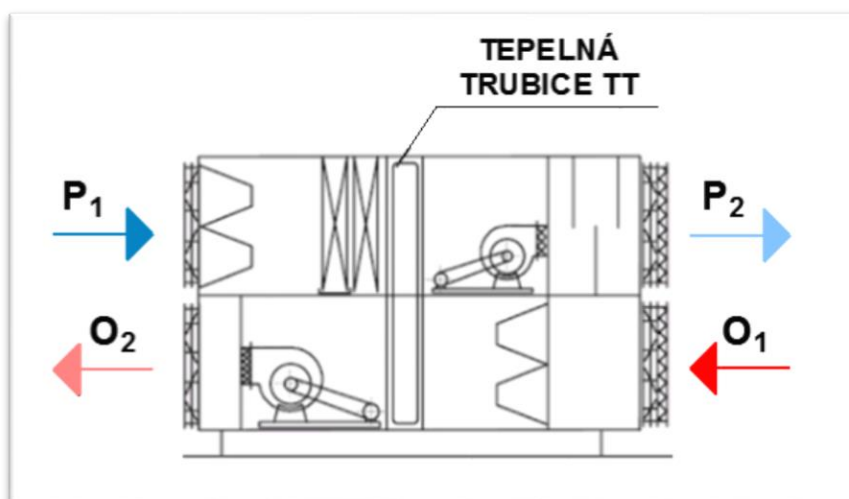
Obrázek 9 Tepelné trubice ve VZT jednotce (9)

Systém tepelných trubic se podle způsobu užití sil, které dopravují kondenzát dělí na gravitační a kapilární. Gravitační zařízení je provedeno vždy ve svislé poloze. Kapilární pak v poloze vodorovné. Jednotlivé trubice výměníku mají průměr 5–20 mm a délku 100 – 1 000 mm. Bývají vyrobeny buď z mědi nebo hliníku. Navíc mohou mít na povrchu žebra, které zvětšují teplosměnnou plochu. Tím zlepší přenos tepla ze vzduchu do tepelné trubice a zvyšují účinnost. Náplní trubic bývá obvykle čpavek či freon, protože k jejich skupenským změnám dochází v oblasti normálních teplot. V případě, že teplota odváděného vzduchu dosahuje teplot nad 100 °C, může být náplní i voda.



Obrázek 10 Schéma tepelné trubice (10)

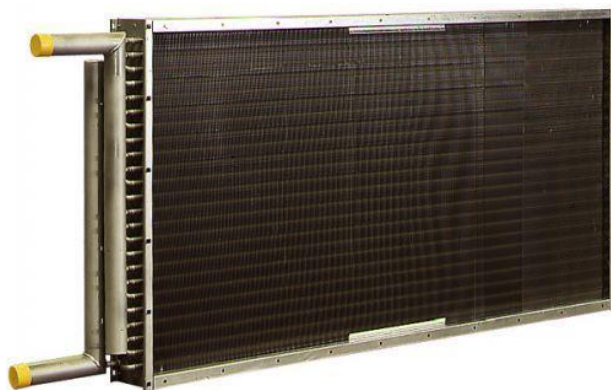
Výhodou těchto rekuperačních zařízení je jejich jednoduchost, protože nepotřebují žádná pohonná zařízení a s tím spojené nízké pořizovací a provozní náklady. Další výhodou je vysoká hustota tepelného toku. Jelikož odpadní vzduch proudí okolo uzavřených trubic, je riziko přenosu případných škodlivin, jako např. pachů, zárodků, tuků, prachů apod., nepatrné. Proto mají velké uplatnění v znečištěných provozech, kde je přenos znečištění nepřipustný. Účinnost těchto zařízení se pohybuje od 45–55 %.



Obrázek 11 Zapojení TT ve VZT jednotce (11)

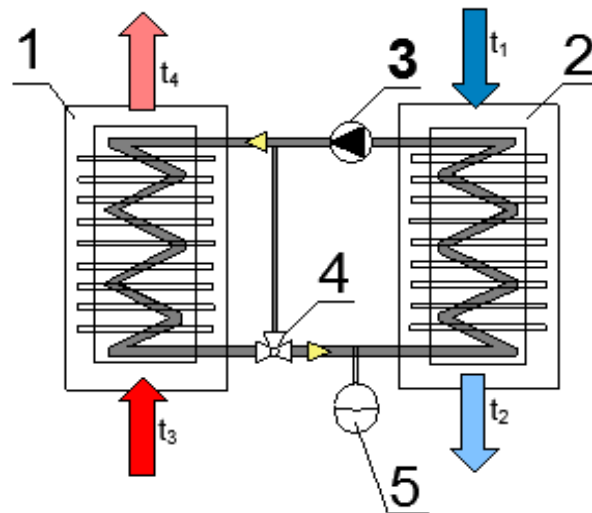
### 1.5.1.4 Výměníky s kapalinovým okruhem

Tento systém nachází uplatnění zejména tam, kde není možné vést přívodní a odvodní části vzduchotechnických jednotek v bezprostřední blízkosti, a tudíž není možné využít tepelnou výměnu vzduch-vzduch. Jednotka se sestává ze dvou rekuperačních výměníků vzduch-voda. První z nich je umístěn v proudu přívodního vzduchu a druhý v proudu vzduchu odpadního. Výměníky jsou mezi sebou propojeny kapalinovým okruhem, jehož součástí je oběhové čerpadlo, uzavřená expanzní nádoba a regulační armatury. Jako teplotonosná látka, která nuceně cirkuluje mezi výměníky, bývá použita nejčastěji nemrznoucí směs nebo jiné látky bez fázové přeměny, protože zařízení je určeno i pro nízké teploty (vodní roztok glykolu, etylalkoholu apod.). Pro použití v běžném provozu se používají lamelové výměníky, avšak v silně znečištěných spíše výměníky bez žebířků nebo z chemicky odolných materiálů. Tyto systémy lze také snadno doplnit o další zdroj tepla nebo ho i kombinovat s dalšími vzduchotechnickými či jinými kapalinovými systémy. [5] Při návrhu tohoto zařízení je třeba určit výstupní teplotu za výměníkem a návrh optimálního počtu řad.



Obrázek 12 Lamelový výměník (12)

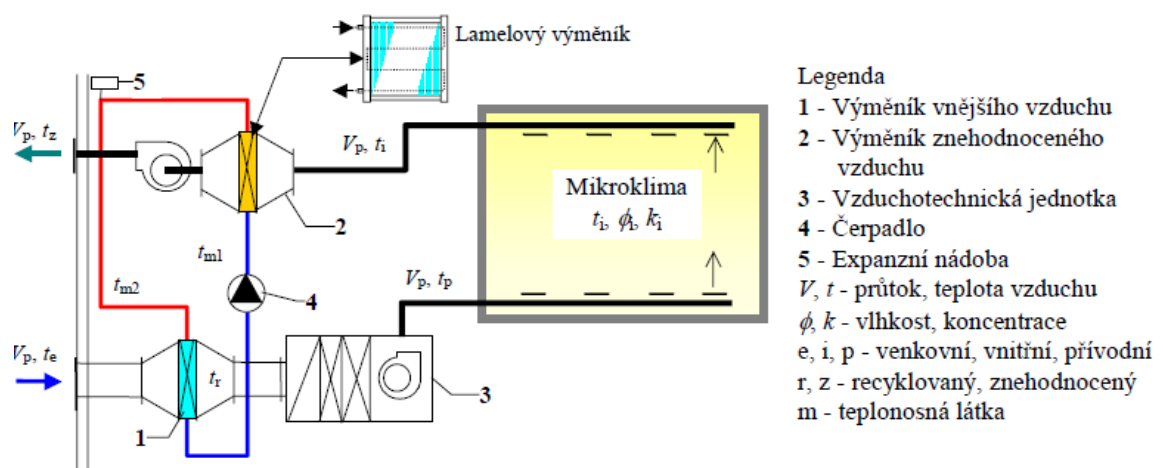
Výhodou tohoto systému ZZT, je zejména vysoká flexibilita. Výměníky lze umísťovat různě, čehož lze využít hlavně u rekonstrukcí např. historických budov. V těchto objektech není vhodná instalace VZT potrubí, proto je na odvodu umístěn jeden z výměníků tepla, který je propojen pomocí teplotonosného média a čerpadla s druhým výměníkem. Potrubí teplotonosného média díky své menší rozloze tolik nevádí a dá se lépe ukrýt. Další výhodou je zabránění mísení proudů vzduchu, díky oddělenému přívodu a odvodu. Proto je jejich použití vhodné i ve velmi znečištěných provozech. Naopak nevýhodami těchto systémů jsou provozní náklady na pohon oběhového čerpadla a snižování účinnosti díky několikanásobnému přestupu tepla. Účinnost je též ovlivněna počtem řad u výměníků. U běžného systému je účinnost okolo 30-50 %. Pokud je však použito speciálních víceřadých konstrukcí s protiproudými vrstvami, může se účinnost pohybovat až kolem 75 %.



#### LEGENDA

- 1 - Výměník v proudu ohřívajícího vzduchu
- 2 - Výměník v proudu ochlazovaného vzduchu
- 3 - Oběhové čerpadlo
- 4 - Regulační ventil
- 5 - Expanzní nádoba

Obrázek 13 Schéma ZTT s kapalinovým okruhem (13)



#### Legenda

- 1 - Výměník vnějšího vzduchu
- 2 - Výměník znehodnoceného vzduchu
- 3 - Vzduchotechnická jednotka
- 4 - Čerpadlo
- 5 - Expanzní nádoba
- $V_p, t$  - průtok, teplota vzduchu
- $\phi, k$  - vlhkost, koncentrace
- e, i, p - venkovní, vnitřní, přívodní
- r, z - recyklovaný, znehodnocený
- m - teplotní látka

Obrázek 14 Schéma zařízení s kapalinovým okruhem a lamelovým výměníkem (14)



## 1.5.2 Regenerační

Regenerační systém zpětného získávání tepla využívá hmoty výměníku k akumulaci tepelné energie a případně i vlhkosti. Teplo se střídavě předává z odpadního vzduchu do hmoty a odevzdává do přírodního vzduchu, to znamená, že teplosměnný povrch hmoty je omýván střídavě odpadním i přírodním vzduchem. [5] Tyto výměníky můžeme také nazvat entalpickými. Rozlišujeme dvě skupiny:

- Rotační výměníky-akumulační hmota mění polohu a směr vzduchu je stálý
- Přepínací výměníky-akumulační hmota je stálá a směr vzduchu se mění

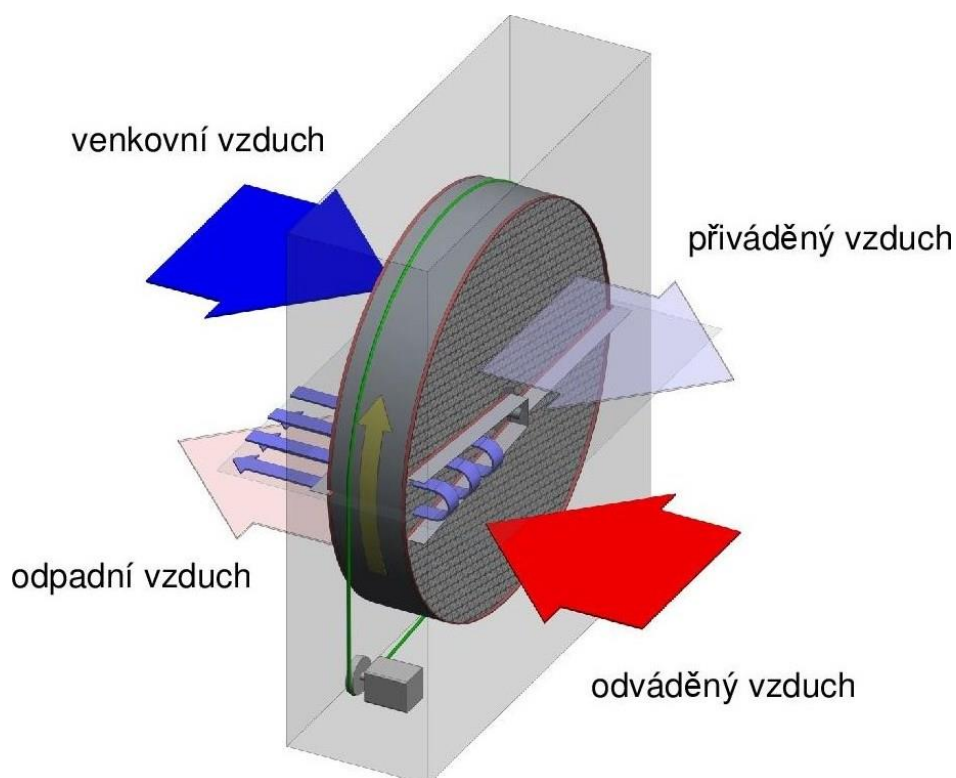
### 1.5.2.1 Rotační výměník

Tyto výměníky se dělí buď na nehydroscopické a slouží pouze k přenosu tepla, nebo hydroscopické a přenášejí jak teplo, tak vlhkost. K přenosu dochází pomocí akumulační hmoty, která je tvořena válcem s průtočnými kanálky. Polovina válce je v proudu teplého odváděného vzduchu a druhá polovina v čerstvém přírodním vzduchu. Rotor se otáčí a teplosměnná plocha střídavě prochází oběma proudy. Tak dochází k přenosu tepla či vlhkosti. Tyto regenerátory mohou být dodávány jako součást VZT jednotky buď vedle sebe, nebo nad sebou. Avšak existují i samostatné výměníky do potrubí.



Obrázek 15 Rotační výměník tepla (15)

Rotor regenerátoru bývá nejčastěji vyroben z hliníkového pásu o šířce 100–300 mm, který je navinut do válce. Materiál je zvlněn a mezi jednotlivými vrstvami jsou vytvořeny malé kanálky, kterými proudí vzduch. Dalšími materiály pro výrobu mohou být hliníková folie, ocel či plasty. Pro přenos vlhkosti, je materiál rotoru opatřen hydrokopickou vrstvou, např. speciální látkou či silikagelem nebo může být využito tvrzené papíroviny napuštěné lithiumchloridem. Rotující teplosměnná plocha a akumulační hmota je uložena v rámu z ocelového pozinkovaného plechu. Vše je poháněno elektromotorem. Součástí výměníku je tzv. čistící zóna, kde jsou kanálky rotoru proplachovány proudem vody, při průchodu rotoru z odváděného do přiváděného vzduchu. Tím je zamezeno riziko přenosu nečistot. Pro správnou funkci pročištění a zamezení pronikání odváděného vzduchu netěsnostmi okolo rotoru, je třeba zajistit mírný přetlak přiváděného vzduchu oproti vzduchu odváděnému. [6]

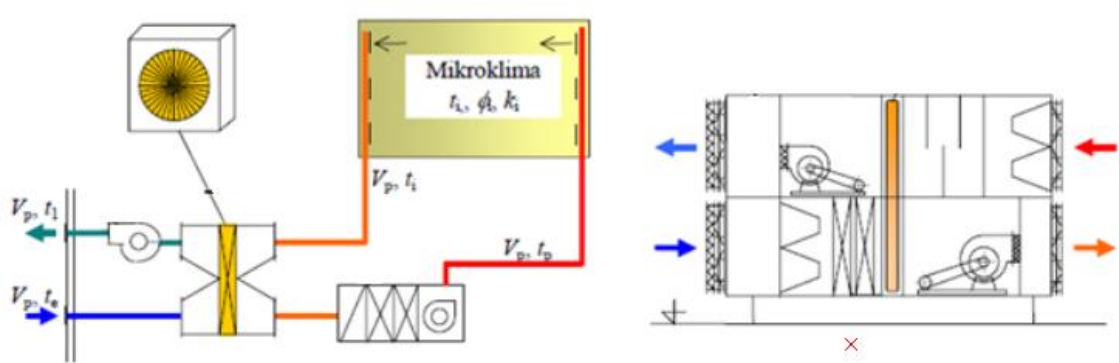


Obrázek 16 Schéma principu rotačního výměníku (16)

Výměníky tohoto druhu mají vysokou teplotní účinnost a to od 60–80 %. U rotoru s hydrokopickou vrstvou nabývá vlhkostní účinnost 60–70 %. Ovlivňuje ji především rychlost protékajícího vzduchu a rychlost otáček rotoru (10–20/minutu). Otáčky lze regulovat pomocí frekvenčního měniče.

Hlavní výhodou tohoto druhu regenerátorů je menší zastavěný prostor ve vzduchotechnických jednotkách. Nevýhodou je, že se nehodí do příliš znečištěných provozů, protože proudy od sebe nejsou odděleny a docházelo by k přenosu škodlivin do čistého přívodního vzduchu. Také není vhodné rotační výměníky umísťovat tam, kde má odvodní vzduch příliš vysokou vlhkost. Kondenzující pára může vážně poničit ložiska motoru. Při teplotách nižších jak 5 °C pak kondenzát zamrzá a hrozí riziko poškození rotoru a hliníkových lamel.

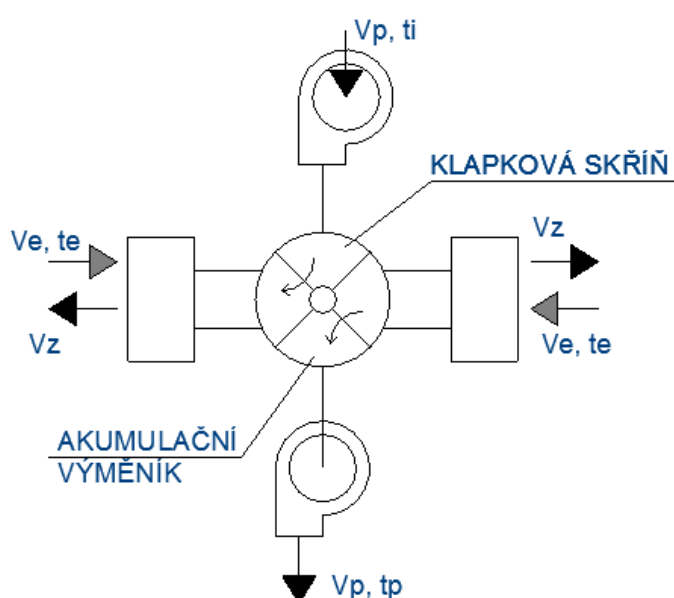




Obrázek 17 Schéma zapojení ve VZT jednotce (17)

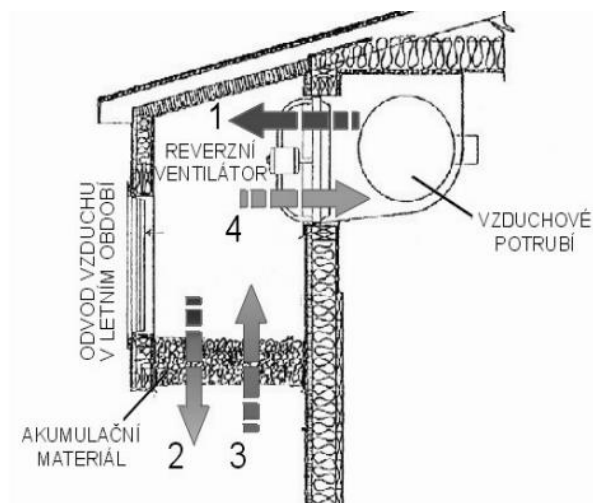
### 1.5.2.2 Přepínací výměník

Přepínací výměníky se liší od rotačních tím, že jejich akumulční hmota zůstává ve své poloze a přepínají se pouze proudy vzduchu, proudící kolem. Jsou realizovány jako dvoukomorové, naplněné akumulční hmotou, kterou střídavě, pomocí přepínacích klapek, protéká odpadní a přírodní vzduch. Klapka je ovládána automatickou regulací v závislosti na teplotách. Při dosažení požadované teploty klapka přepne proudění a tím samým místem začne proudit čerstvý přírodní vzduch. Interval přepínání se pohybuje v řádu sekund až v desítkách minut. Aby nedocházelo k nerovnoměrnému proudění, používají se dva shodné akumulční bloky a klapkový systém přepíná proudění střídavě mezi nimi.



Obrázek 18 Schéma přepínacího výměníku (18)

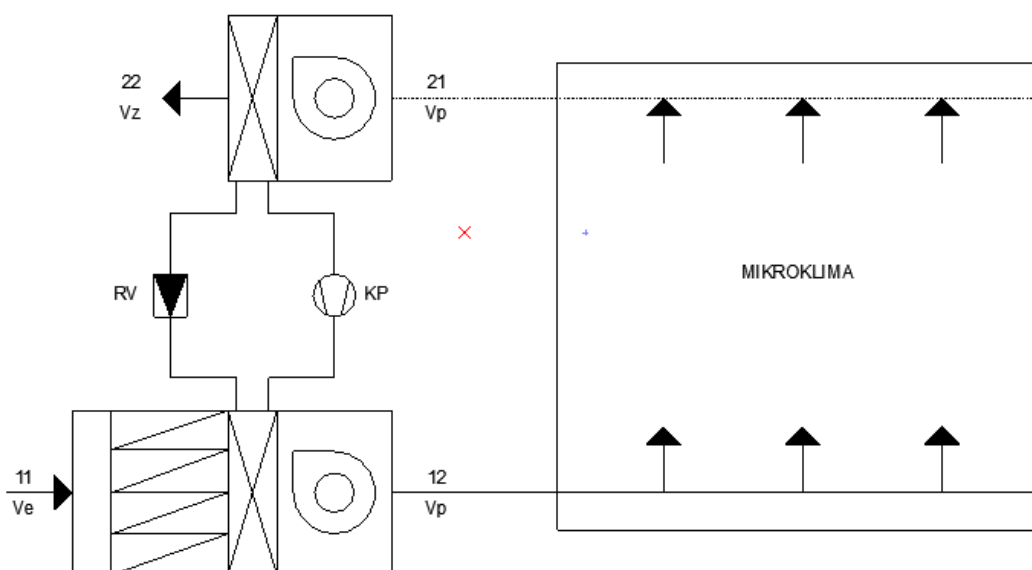
Tyto regenerátory nabývají vysokých účinností. Teplotní okolo 60–90 %, vlhkostní pak 50–70 %. Nevýhodou však jsou jejich velké rozměry a složitá konstrukce. Stejně jako u rotačních regenerátorů, ani zde nejsou proudy vzduchu od sebe odděleny, proto se nehodí do znečištěných prostor. Dalším mínusem těchto zařízení je, že vždy část vzduchu, která může dosahovat 5–10 % celkového objemu, se dostává při přepínání z akumulční hmoty a klapkové sekce zpět. To znamená, že čerstvý venkovní vzduch se dostává zpět ven do venkovního prostředí a vnitřní od-sávaný vzduch se dostává zpět do vnitřního prostoru. [7]



Obrázek 19 Schéma přepínacího výměníku. 1,2 – ochlazovaný vzduch; 3,4 – ohříváný vzduch (19)

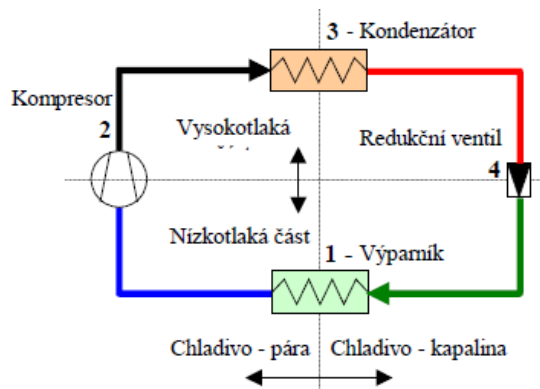
### 1.5.3 Tepelná čerpadla

Tepelná čerpadla využívají k přenosu tepla skupenských změn s nuceným prouděním chladiva v jeho oběhovém okruhu. Kvůli potřebě elektrické energie na pohon kompresu, se řadí mezi cenově nejnáročnější typy zpětného získávání tepla.



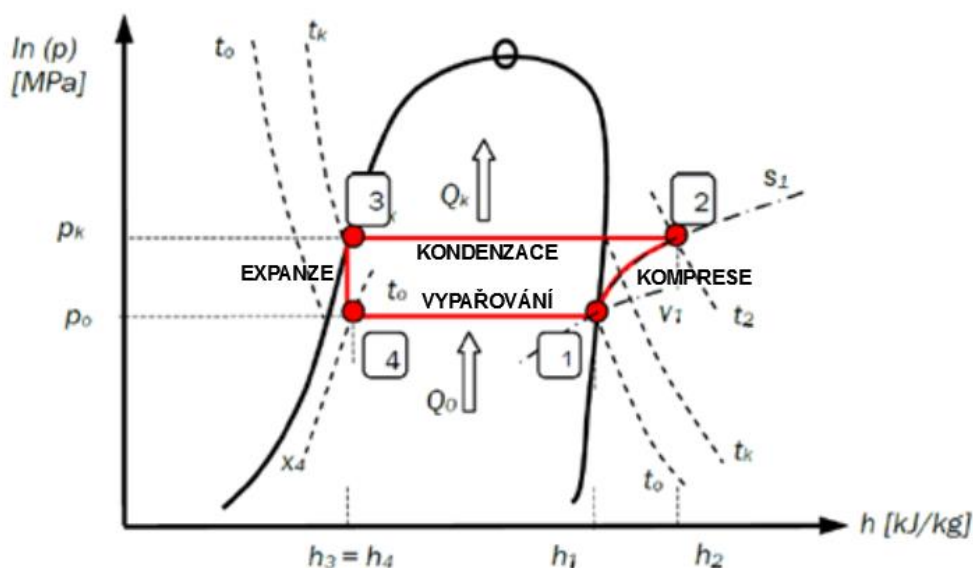
Obrázek 20 ZZT s tepelným čerpadlem (20)

Chladivový okruh se sestává z výparníku, kompresoru, kondenzátoru a škrticího ventilu. Výparník přijme teplo z okolí. Chladivo ve výparníku se vlivem zvýšení teploty vypaří a plyn putuje do kompresoru. Ten odsává páry z výparníku o hodnotách vypařovacího tlaku a stlačuje páry na kondenzační tlak. Pára jde dále do kondenzátoru, zde je ochlazená, v důsledku čehož zkondenzuje a teplo předá do okolí. Vzniklá kapalina o vysokém tlaku proudí do škrticího ventilu, který její tlak sníží. Poté kapalina opět prochází výparníkem a váže na sebe teplo z prostoru. Tak se cyklus neustále opakuje.



Obrázek 21 Schéma Carnotova obráceného cyklu (21)

Tento oběhový okruh je založen na obráceném Carnotově cyklu, což je uzavřený ideální cyklus, jenž je výchozí při řešení cyklů tepelných strojů. Skládá se z expanzní adiabaty a izoterm a z kompresní adiabaty a izoterm. Slouží jako ideální porovnávací proces pro chladicí pochod. [8] Cyklus je levotočivý.



Obrázek 22 p-h diagram Carnotova obráceného cyklu (22)

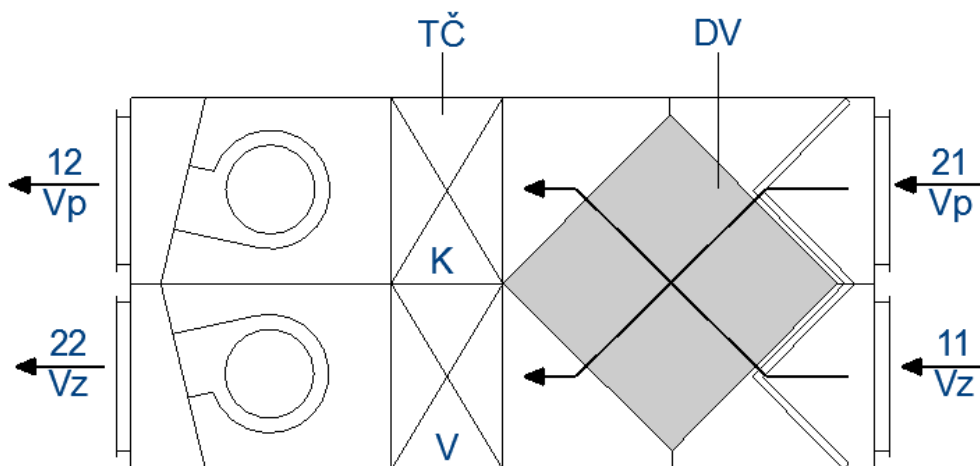
Adiabatický děj probíhá velmi rychle a k výměně tepla s okolím tudíž nemůže dojít. Stav 1 – 2 značí adiabatickou kompresi. Izotermický děj je mezní teoretický děj při kompresi a expanzi plynů. Vnitřní energie a entalpie se při izotermickém ději ideálního plynu nemění. Stav 2 – 3 ukazuje izotermickou kompresi. Izoentalpické škrčení znázorňuje průběh z bodu 3 do bodu 4. Úsek 4 – 1, pak adiabatickou expanzi.

Výkon tohoto cyklu je dán topným faktorem COP (coefficient of performance). Topný faktor udává energetickou účinnost zařízení. Je to poměr mezi vyprodukovaným teplem a spotřebovanou energií. Hodnota COP se pohybuje v rozmezí 2–7. Pokud máme topný faktor například 5, znamená to, že čerpadlo vyrobí 5x více energie, než je množství energie dodané. [9]

$$COP = \frac{VYUŽITELNÝ\ TOPNÝ\ EFEKT}{ENERGIE\ DODÁVANÁ\ Z\ EXTERNÍHO\ ZDROJE} \quad [1.2]$$

$$\varepsilon = \frac{Q_o}{P_{ie}} \quad [-] \quad [1.3]$$

Ve vzduchotechnice se tepelné čerpadlo využívá jako součást VZT jednotky v kombinaci s výměníkem tepla. Tím se zvyšuje účinnost při zpětném získávání tepla.



Obrázek 23 Větrací jednotka s tepelným čerpadlem a deskovým výměníkem (23)

Této kombinace se nejčastěji využívá u jednotek pro větrání prostorů s vysokou vlhkostní zátěží, a to u bazénových hal. Např. firma Remak vytvořila větrací jednotky 2. generace (viz obrázky).



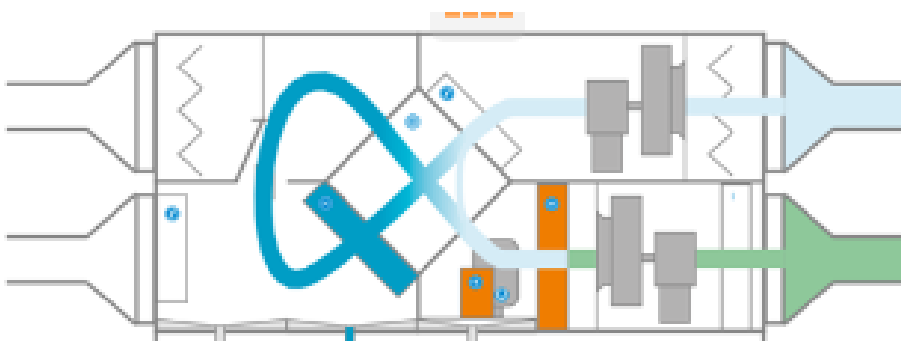
Obrázek 24 Cirkulační cyklus (24)

V plně cirkulačním režimu jednotka zajišťuje ohřev vzduchu v bazénové hale pomocí vodního ohřívače. [10]



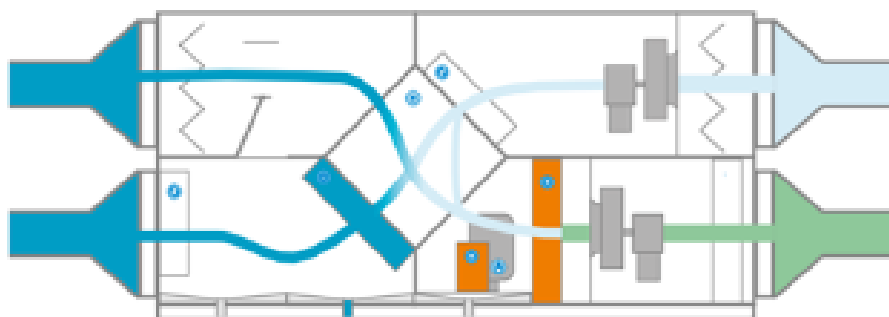
Obrázek 25 Cyklus při zvýšené vlhkosti v exteriéru (25)

V případech zvýšené vlhkosti v exteriéru se cirkulační klapka uzavře a množství větracího vzduchu se zvýší na maximum. Tepelné čerpadlo spíná dle požadavku na ohřev vzduchu nebo bazénové vody. [11]



Obrázek 26 Odvlhčování v útlumovém režimu (26)

Odvhlčování v útlumovém režimu zajišťuje výparník tepelného čerpadla v kombinaci s předchlazením ve vysoce účinném rekuperačním výměníku. K dohřevu vzduchu na požadovanou teplotu dochází v rekuperačním výměníku a kondenzátoru, přičemž nadbytečným teplem je možné ohřívat bazénovou vodu. Přívodně/odvodní klapky jsou uzavřeny. [12]



Obrázek 27 Běžný režim v provozních hodinách (27)

V provozních hodinách závisí množství přiváděného čerstvého vzduchu na aktuálním stavu mikroklimatu větraného prostoru a hygienických limitech. Citelné a vázané teplo je rekuperováno ve výměníku zpětného získávání tepla a výparníku tepelného čerpadla. Přebytkem teplem lze ohřívat bazénovou vodu. [13]

## 1.6 Ekonomické hodnocení zařízení ZZT

Hlavním důvodem, proč zařízení pro ZZT využíváme, je úspora energie. Jeho pořízení se ekonomicky vyplatí, je-li cena uspořené energie na ohřev, vlhčení a pop. chlazení, snižena cenou energie, kterou spotřebuje vlastní zařízení ZZT, menší, než cena za pořizovací náklady a provoz ZZT, po celou dobu jeho životnosti.

Finanční přínosy závisí na:

- Ceně energií
- Době provozu vzduchotechnického zařízení se ZZT
- Pořizovacích nákladech
- Průtoku vzduchu

Roční úsporu elektrické energie na ohřev vzduchu lze za předpokladu, že průtok vzduchu a účinnost je konstantní, stanovit ze střední teploty venkovního vzduchu v době provozu zařízení a počtu hodin provozu: [8] skriptu

$$Q = V_m \cdot \rho \cdot c \cdot \varphi_m \cdot (t_m - t_{E1m}) \cdot \tau \quad [W] \quad [1.4]$$

$V_m$  - průměrný průtok vzduchu za dobu provozu [m<sup>3</sup>/h]

$\rho$  – hustota vzduchu [kg/m<sup>3</sup>]

$c$ – měrná tepelná kapacita	[J/kg]
$\phi_m$ – tepelný faktor	[°C]
$t_{E1,m}$ – teplota venkovního vzduchu	[°C]
$\tau$ – roční doba provozu	[hod]

Energie spotřebovaná zařízením je suma elektrické energie spotřebované na pohon systému ZZT (čerpadlo, pohon rotačního výměníku apod.) plus energie na ventilátor díky jejich tlakovým ztrátám.

## 1.7 Návrh zařízení

Při návrhu zařízení ZZT zohledňujeme fyzikální, ekonomické a provozní aspekty. Fyzikální se vyznačují nestacionárním sdílením tepla a látky při proměnných teplotách a časových režimech provozu vzduchotechniky, členitou geometrií teplosměnných ploch a čistotou jejich povrchů. Provozní stránka vyplývá z provozních režimů vzduchotechniky a předpokládané doby využívání ZZT. Ekonomika představuje investiční a provozní náklady, z nichž jsou podstatné ceny energií.

Cílem návrhu je velikost komponentů, zejména teplosměnné plochy výměníku, teplota vzduchu po výstupu ze zařízení ZZT, tepelný výkon a návratnost investice. [14]

### 1.7.1 Obecný postup:

#### a) Kritéria užití ZZT

Vychází z ČSN 73 0540–2. Dle bodu 7.3 je stanoveno, že pokud je celková intenzita výměny vzduchu v budově větší, než  $n = 2$  po dobu nejméně 8 hodin denně, požaduje se ZZT s účinností alespoň 60 %, pokud je intenzita  $n \geq 1$ , pak se ZZT doporučuje.

#### b) Specifikace vstupních hodnot.

Průtok vzduchu, průměrné venkovní teploty, roční období provozu VT systému a využívání ZZT, ceny tepla a elektrické energie, pořizovací náklady, odpisy a náklady na opravy a údržbu.

#### c) Volba reálných prvků

Volba vhodného druhu systému ZZT.

#### d) Návrh tepelných prvků

Návrh velikosti teplosměnné plochy výměníku, teploty na výstupu z výměníku a tlakových ztrát.

#### e) Ekonomické hodnocení navržených variant.

#### f) Výběr optimální varianty

Dle stavebních podmínek a ekonomického řešení.

#### g) Podrobný návrh a řešení regulace

Návrh technických prvků celého zařízení a návrh způsobu ovládání provozu a protimrazové ochrany.



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA STAVEBNÍ**

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

**ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV**

INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

## **2 APLIKACE TÉMATU NA ZADANÉ BUDOVĚ**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

DIPLOMA THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

Bc. Eliška Grmolcová

**VEDOUČÍ PRÁCE**

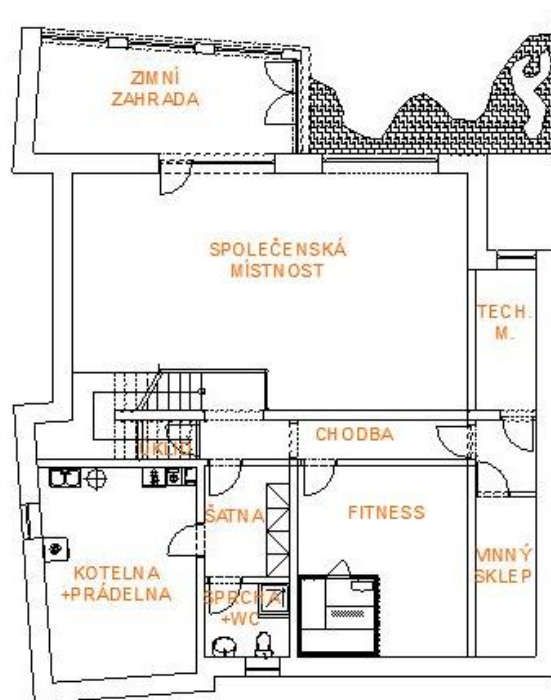
SUPERVISOR

Ing. OLGA RUBINOVÁ, Ph.D.

**BRNO 2018**



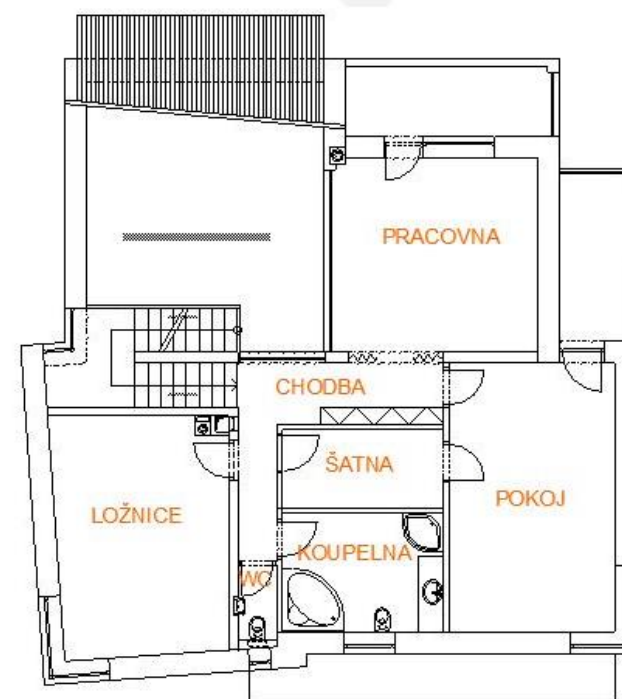
## 2.1 Analýza objektu



Obrázek 28 1.PP



Obrázek 29 1.NP



Obrázek 30 2.NP

### 2.1.1 Popis objektu

Předmětem projektové části, mé diplomové práce, je rodinný dům, který je situován v okrajové části města Hodonína, v ulici Dukelských hrdinů. Dům má 3 podlaží. 1.PP je navrženo pro volnočasové aktivity. Najdeme zde společenskou místnost, fitness se saunou a k tomu náleží šatnu s koupelnou, a vinný sklep. Dále je zde navržena technická část objektu, a to prádelna a strojovna vzduchotechniky. Do exteriéru se vychází přes prosklenou zimní zahradu.

1. NP je určeno pro každodenní pobyt rodiny. Proto je zde situován obývací pokoj s jídelnou a kuchyní, pracovna a koupelna. 2.NP je pak navrženo jako klidová část domu. Obyvatelé domu zde mají své pokoje, doplněné šatnou, koupelnou a toaletou.

### 2.1.2 Konstrukční řešení

Jelikož je podzemní podlaží částečně kryté zeminou, bude vystavěno ze ztraceného bednění tl. 500 mm. Pro obvodové zdivo 1. NP a 2.NP bude použito pórobetonových tvárnic tl. 500 mm. Vnitřní nosné zdivo bude taktéž vystavěno z pórobetonových tvárnic, tl. 250 mm.

V budově je navrženo ústřední vytápění, proto nebudu uvažovat pokrytí tepelných ztrát vzduchotechnikou.

### 2.1.3 Popis variantního řešení

Pro větrání objektu, budou navrženy dvě možné varianty. První variantou je, že pro dům bude navržena pouze jedna vzduchotechnická jednotka, která bude pomocí uzavíracích klapek větrat střídavě 1. PP a 1.NP+2.NP, dle aktuálního provozu.

Druhá varianta spočívá v navržení dvou jednotek, kdy jedna bude zajišťovat větrání 1.PP a druhá zbylé části domu.

V závěru posoudím, která z variant je vhodnější z ekonomického hlediska, náročnosti na přestavbu původního stavu, složitosti rozvodů potrubí atd.

## 2.2 Výpočtová část – návrh systému větrání

### 2.2.1 Stanovení průtoků vzduchu

Jelikož v domě uvažuji pouze větrání, nebude třeba výpočtu tepelných bilancí pro dům. Jednotka obsluhující objekt, funguje na rovnotlakém systému = kolik vzduchu přivedeme, tolik odvedeme. Průtoky vzduchu jsem stanovila z požadavků, vycházejících z ČSN EN 15665/Z1.

Požadavek	Trvalé větrání (průtok venkovního vzduchu)		Nárazové větrání (průtok odsávaného vzduchu)		
	Intenzita větrání [h <sup>-1</sup> ]	Dávka venkovního vzduchu na osobu [m <sup>3</sup> /(h-os)]	Kuchyně [m <sup>3</sup> /h]	Koupelny [m <sup>3</sup> /h]	WC [m <sup>3</sup> /h]
Minimální hodnota	0,3	15	100	50	25
Doporučená hodnota	0,5	25	150	90	50

Obrázek 31 Požadavky na větrání obytných budov národní přílohy Z1 k ČSN EN 15665

### 2.2.1.1 Návrh průtoků vzduchu v suterénu

Č.	Název místnosti	Plocha [m <sup>2</sup> ]	Objem [m <sup>3</sup> ]	Požadované průtoky vzduchu [m <sup>3</sup> /h]	Požadované dávký vzduchu [x/h]	Počet prvků	Celkový průtok vzduchu [m <sup>3</sup> /h]	přívod [m <sup>3</sup> /h]	Odvod [m <sup>3</sup> /h]	Výměna vzduchu [x/h]
1.	Společenská m.	46,88	121,9	25/osoba	-	16	400	480	400	3,3
2.	Šatna	6,44	16,7	-	-	1	100	350	0	6,0
3.	Koupelna	4,22	11,0	25/umývadlo 25/WC 50/sprcha	-	3	100	0	100	9,1
4.	Fitness	17,45	45,4	-	3x/h	-	136	150	150	3,3
5.	Kotelna+prádelna	21,03	54,7	-	-	-	164	0	250	4,6
6.	Strojovna	5,47	14,2	-	2x/h	-	28	0	30	0,0
7.	Vinný sklep	3,6	9,4	-	3x/h	-	28	0	30	3,2
8.	Komora	1,4	3,6	-	2x/h	-	7	0	20	5,5
							εQ	980	980	m <sup>3</sup> /h

### 2.2.1.2 Návrh průtoků vzduchu v 1.NP a 2.NP

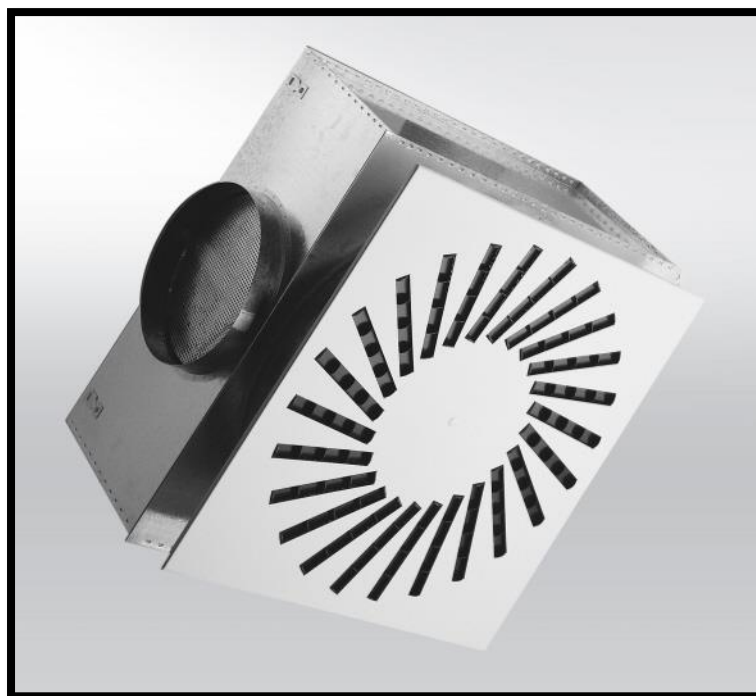
Č.m	Podlaží	Název místnosti	Plocha [m <sup>2</sup> ]	Objem [m <sup>3</sup> ]	Požadované průtoky [m <sup>3</sup> /h]	Požadované dávký [x/h]	Počet prvků [ks]	Celkový průtok [m <sup>3</sup> /h]	Přívod [m <sup>3</sup> /h]	Odvod [m <sup>3</sup> /h]	Výměna vzduchu [x/h]
1.	1.NP	Pokoj	13,73	36,4	25/osoba	-	2	50	50	0	1,4
2.		Koupelna	6,68	17,7		-	1	200	0	200	11,3
3.		Obývací pokoj	9,79	55,3	25/osoba	-	4	120	300	0	5,4
4.		Jídelna	16,15	42,8	25/osoba	-	4	120	370	0	8,6
5.		Kuchyně	16,57	43,9	-	10x/h	-	200	0	350	8,0
6.		Spíž	1,72	4,6	-	2x/h	-	9	0	20	4,4
1.	2.NP	Ložnice	21,03	55,7	25/osoba	-	2	50	50	0	0,9
2.		WC	1,69	4,5	25/wc	-	2	50	0	50	11,2
3.					25/umyvadlo	-					
4.		Koupelna	9,79	25,9	50/vana	-	2	100	0	100	3,9
5.					50/sprcha	-					
6.		Šatna	9,71	25,7	-	2x/h		30	0	150	5,8
7.		Pracovna	20,58	54,5	25/osoba	-	2	50	50	0	0,9
8.		Pokoj	22,69	60,1	25/osoba	-	2	50	50	0	0,8
								ΣQ	870	870	m <sup>3</sup> /h

## 2.3 Návrh distribučních elementů

V rodinném domě budou v obytných místnostech použity vířivé anemostaty, kvůli jejich estetickému vzhledu. V technických prostorách, hygienických zázemích a tam, kde není kladen důraz na architektonický vzhled, budou použity talířové ventily TVOM a TVMP. Pro pokoje, kde je průtok vzduchu malý, bude použito výústí se šterbinovým výtokem vzduchu. Dále jsou navrženy mřížky do stěny a podhledu, a to v kuchyni, jako odvodní a v obývacím pokoji jako přívodní. Pro průtok vzduchu z jedné místnosti do jiné, jsou použity stěnové mřížky, které budou osazeny nad dveřmi dané místnosti nebo v dolní části dveří.

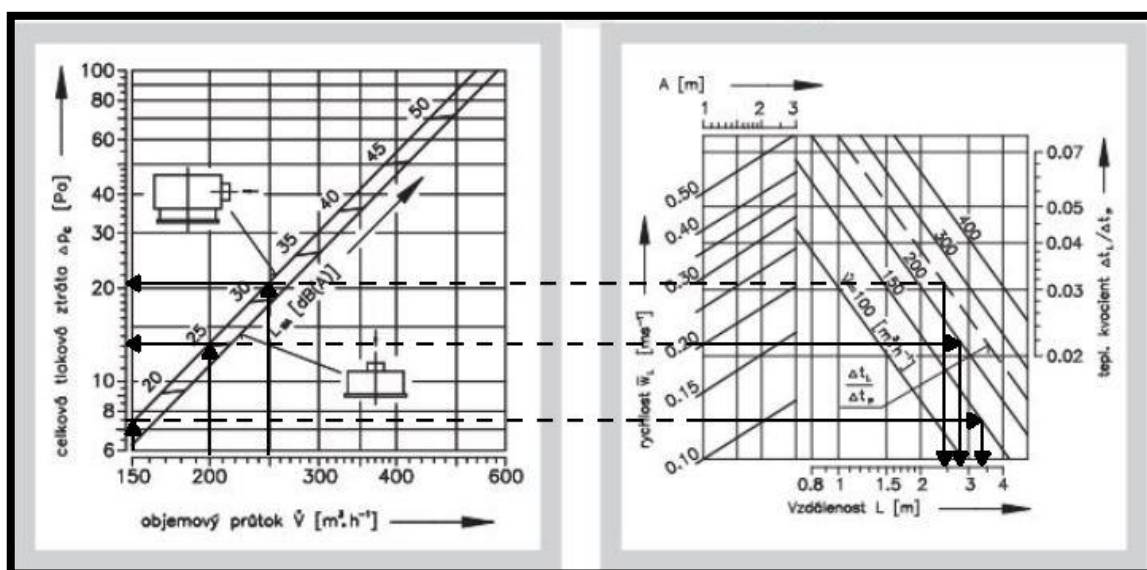
### 2.3.1 Přehled distribučních elementů

#### 2.3.1.1 Vířivý anemostat



Obrázek 32 Vířivý anemostat (32)

- Ručně přestavitelné výústi VVM s lopatkami pro odklon proudu vzduchu
- Jsou vyhovující pro místnosti výšky od cca 2,6 do 4,0 m.
- Teplota proudícího vzduchu musí být v rozsahu od -20 do +70 °C.
- Velikost anemostatu byla určena dle tabulky velikosti průtoku vzduchu. Průtok byl následně vyneseno do grafu, odkud byla zjištěna tlaková ztráta  $\Delta p$  [Pa], hladina akustického tlaku  $L_{wa}$  [dB], efektivní rychlost  $w_{ef}$  [m/s] a vzdálenost mezi výústěma.
- Navržený anemostat bude čtvercového průřezu a připojen z boční strany. [15]



Obrázek 33 Graf pro akustický výkon  $L_w$  [dB] a tlakovou ztrátu  $\Delta p$  [Pa] vířivého anemostatu (33)

### 2.3.1.2 Stěnová výustka SVM NV

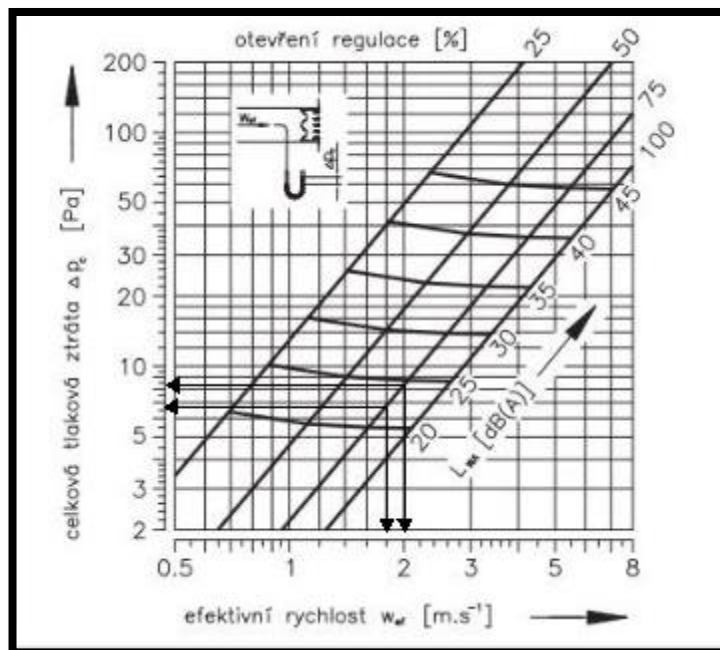


Obrázek 34 Stěnová výustka SVM NV (34)

- Vyústky z hliníkových profilů se skrytým uchycením pomocí pérových sponek nebo s uchycením šrouby.
- Vyústka je tvořena obdélníkovým rámem, ve kterém jsou upevněny otočné nebo pevné lamely. Mohou být vybaveny regulací R1 nebo upevňovacím rámem. Těsnost vyústek je zajištěna těsněním po obvodě.
- Vyústky jsou určeny do prostředí chráněné proti povětrnostním vlivům s klasifikací klimatických podmínek třídy 3K5, bez kondenzace, námrazy, tvorby ledu a bez vody i z jiných zdrojů než z deště.



- Dovolенý rozsah teplot v místě instalace je od -20 °C do +70°C.
- Upevnění realizováno do upevňovacího rámu UR se skrytým uchycením. [16]



Obrázek 35 Graf pro akustický výkon  $L_{wa}$  [dB] a tlakovou ztrátu  $\Delta p$  [Pa] stěnové výústky SVM (35)

- Velikost výústky zvolíme dle průtoku, který bude výústkou proudit a návrhovou rychlostí vzduchu 2 m/s. Ze vzorce  $w_{ef} = V/(3600 \cdot S_{ef})$  odvodíme efektivní plochu a najdeme odpovídající přibližnou hodnotu v tabulce pro daný element. Poté vypočítáme skutečnou efektivní rychlost vzduchu a z grafu odvodíme tlakovou ztrátu a akustický výkon.

### 2.3.1.3 Výúst se štěrbinovým výtokem vzduchu VSV



Obrázek 36 Výúst se štěrbinovým výtokem vzduchu VSV (36)

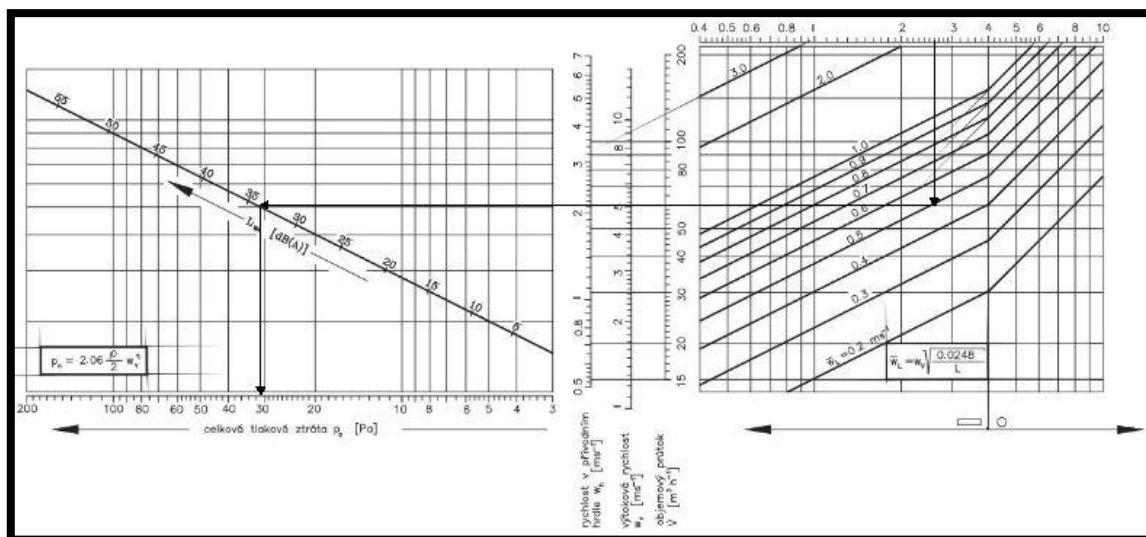
- Vyústi jsou koncový vzduchotechnický element pro distribuci vzduchu ve větraných, klimatizovaných, případně vytápěných prostorách.
- Dodávány jsou vyústi v délkách 600 a 1200 mm. Vyústi sestávají z čelních dílů (rámy a středové části) a připojovacích skříní s hrdly, regulačními klapkami a úchyty pro závěsy. Předností tohoto typu vyústí je úzký, plochý a po celé délce vyrovnaný vzdušný proud, který je velmi stabilní. Proto lze z těchto elementů skládat štěrbinové pásy, aniž by se narušila stabilita vzdušného proudu.
- Provedení může být buď samostatné nebo řadové
- Velikost elementu byla navržena podle velikosti průtoku vzduchu. [17]

Velikost	600	1200
$\dot{V}_{\min}$ [m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup> ]	20	50
$\dot{V}_{\max}$ [m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup> ]	150	250
$S_{ef}$ [m <sup>2</sup> ]	0,0035	0,0071

Obrázek 37 Návrhová tabulka pro štěrbinovou vyústku (37)

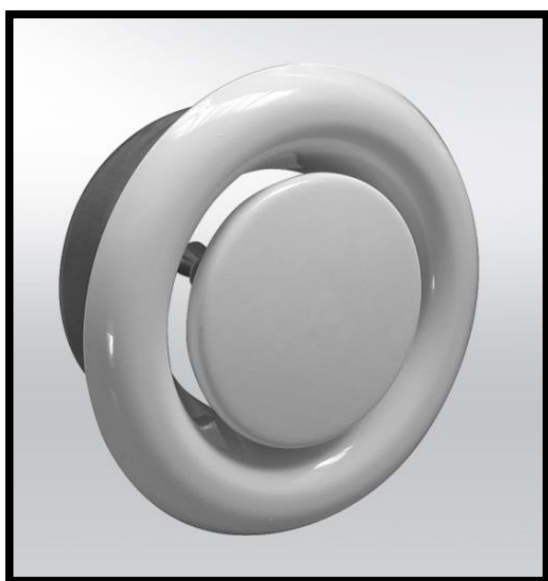
Dle velikosti průtoku a světlé výšky místnosti, které byly vyneseny do grafu, byla určena efektivní rychlost vzduchu  $w_{ef}$  [m/s], tlaková ztráta  $\Delta p$  [Pa] a hladina akustického tlaku  $L_{wa}$  [dB] vyústě.



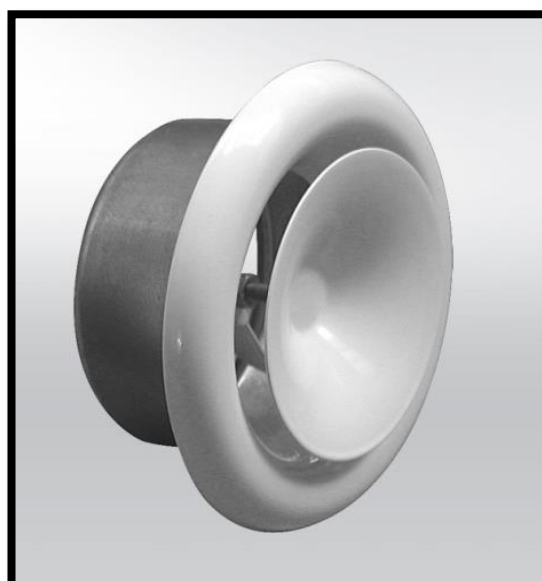


Obrázek 38 Graf pro akustický výkon  $L_{wa}$  [dB] a tlakovou ztrátu  $\Delta p$  [Pa] štěrbinové výústky (38)

### 2.3.1.4 Talířový ventil TVOM a TVMP



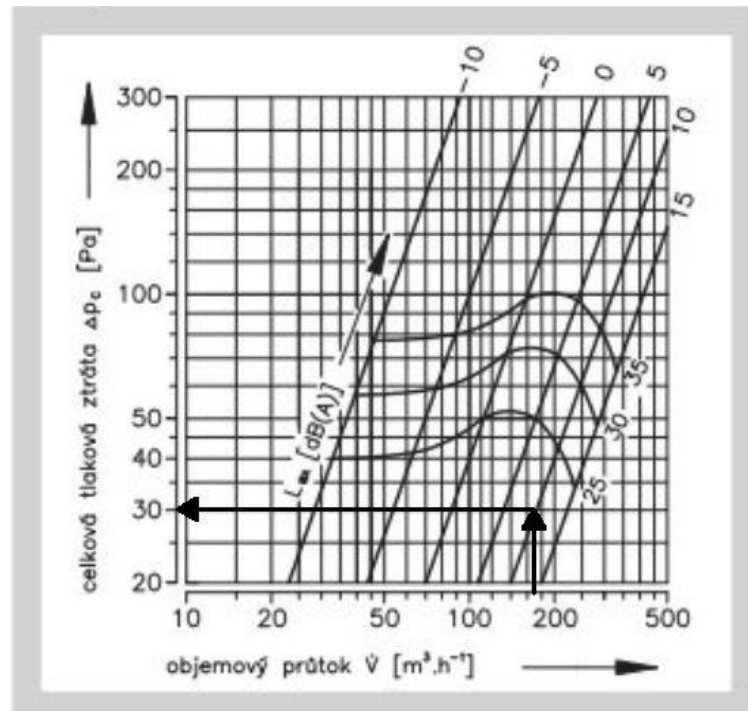
Obrázek 40 Talířový ventil TVOM pro odvod vzduchu (40)



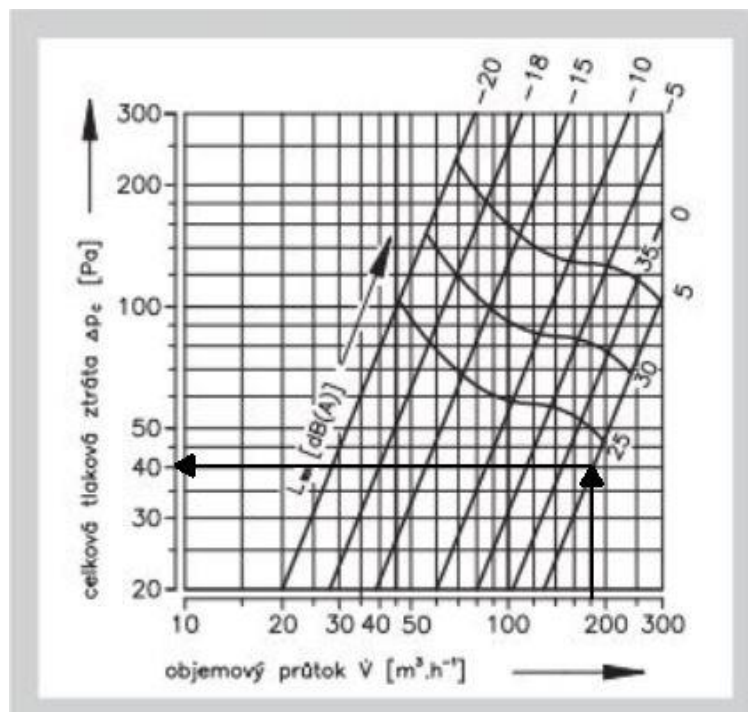
Obrázek 39 Talířový ventil TVMP pro přívod vzduchu (39)

- Ventily jsou určeny pro instalaci do podhledů, stěn a jiných stavebních konstrukcí.
- Plynulá regulace množství přiváděného vzduchu u přívodních kovových ventilů TVPM a regulace množství odváděného vzduchu u odvodních kovových ventilů TVOM se provádí otáčením talířů ventilů. Tělesa ventilů jsou v pouzdech usazena a zajištěna bajonetovými uzávěry.
- Pro rovnoměrné proudění vzduchu u ventilů pro přívod i odvod vzduchu je nutné, aby rovný úsek navazujícího potrubí byl min. 250 mm. [18]

- Velikost ventilů určíme podle průtoku vzduchu – v tabulce najdeme příslušný produkt. Dle průtoku vzduchu ventilem, určíme z grafu akustický tlak  $L_w$  [dB] a tlakovou ztrátu  $\Delta p$  [Pa].



Obrázek 41 Graf pro akustický výkon  $L_{wa}$  [dB] a tlakovou ztrátu  $\Delta p$  [Pa] ventilu TVMP 160 (42)



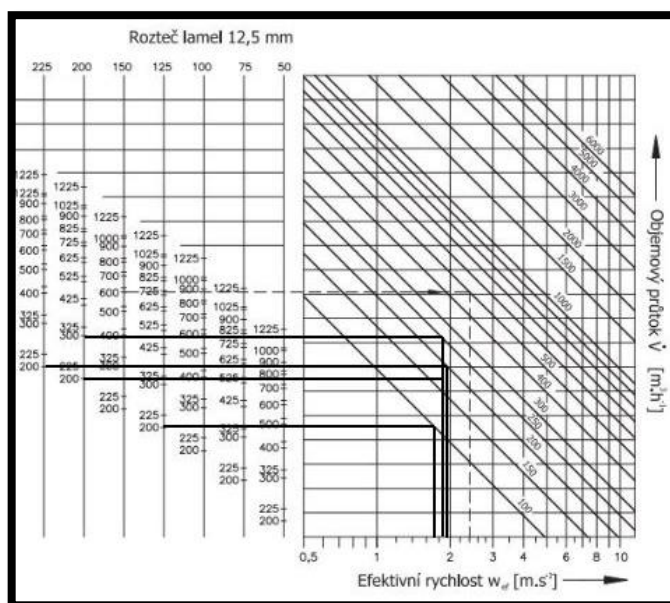
Obrázek 42 Graf pro akustický výkon  $L_{wa}$  [dB] a tlakovou ztrátu  $\Delta p$  [Pa] ventilu TVOM 160 (41)

### 2.3.1.5 Stěnová mřížka SMM

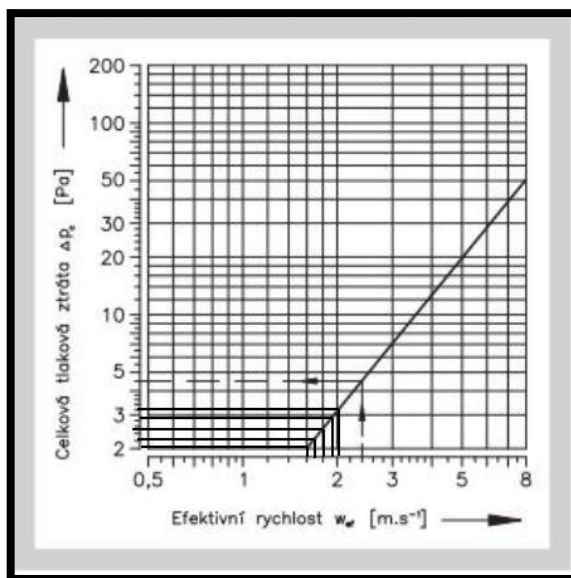


Obrázek 43 Stěnová mřížka SMM (43)

- Mřížky slouží k zakrytí větracích otvorů ve větrných prostorech.
- Mřížky jsou z hliníkových profilů se skrytým uchycením pomocí pérových sponek nebo s uchycením šrouby. Sestava mřížek je tvořena obdélníkovým rámem, rovnoběžnými lamelami a rozpěrnými trubkami. Těsnost mřížek je zajištěna těsněním po obvodě.
- Dovolенý rozsah teplot v místě instalace je od  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  do  $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- Použité mřížky jsou v jednořadém provedení s roztečí lamel  $12,5\text{ mm}$ . Upevňovací rámečky UR2 s úchyty pro zazdění. [19]
- Návrh: Byl zvolen průtok vzduchu  $2\text{ m/s}$  a společně s objemovým průtokem  $V\text{ [m}^3/\text{h}]$  dosazen do vzorce pro efektivní plochu  $A = Q/(v \cdot 3600)$ . Dle  $A_{\text{ef}}$  byla vybrána vhodná mřížka, z jejíž skutečné plochy byla odvozena efektivní rychlost  $w_{\text{ef}}\text{ [m/s]}$  a vynesena do grafu (43), odkud byla odečtena tlaková ztráta výústky  $\Delta p\text{ [Pa]}$ .



Obrázek 44 Návrhový graf pro určení efektivní rychlosti pro stěnovou mřížku (44)



Obrázek 45 Návrhový graf pro určení tlakové ztráty pro stěnovou mřížku (45)

### 2.3.2 Větrání přízemí

Čtyřhranné vzduchotechnické potrubí bude vedeno v podhledu. Do společenské místnosti bude přiváděno vířivými anemostaty 550 m<sup>3</sup>/h, z toho 500 m<sup>3</sup>/h bude odsáváno rovněž pomocí anemostatů přímo v prostoru místnosti a zbylých 50 m<sup>3</sup>/h přetlakem dopraveno přes chodbu do úklidové místnosti a vinného sklepa.

Do šatny bude taktéž přetlakem přivedeno 350 m<sup>3</sup>/h, odkud 100 m<sup>3</sup>/h připadá na větrání koupelny a 250 m<sup>3</sup>/h pokryje potřebu vzduchu v kotelně s prádelnou. Jako zdroj tepla je navržen kondenzační kotel, proto si tuto variantu můžeme dovolit. Ve fitness a strojovně je navrženo větrání rovnotlaké.

K přívodu a odvodu vzduchu budou sloužit talířové ventily TVOM a TVMP. K proudění vzduchu do místnosti v podtlaku, budou instalovány stěnové mřížky.

- Elementy pro přívod vzduchu

Č.m.	V [m <sup>3</sup> /h]	Typ vyústky	Rozměry	Ks	Počet lamel/nastavení od nulové polohy	A <sub>ef</sub> [m <sup>2</sup> ]	L <sub>wa,max</sub> [dB]	Δ p [Pa]	W <sub>ef</sub> [m/s]
1.S	150	Anemostat	400x400	1	16	0,02	15	7	0,13
1.S	200	Anemostat	400x400	2	16	0,10	25	13	0,2
3.S	175	Talířový ventil	ø160	2	10	-	≤25	30	-
6.S	75	Talířový ventil	ø100	2	8	-	25	38	-

- Elementy pro odvod vzduchu

Č. m.	V [m <sup>3</sup> /h]	Typ vyústky	Rozměry	Ks	Rozteč lamel/nastavení od nulové polohy	A <sub>ef</sub> [m <sup>2</sup> ]	L <sub>wa,max</sub> [dB]	Δ p [Pa]	W <sub>ef</sub> [m/s]
1.S	150	Anemostat	400x400	1	16	0,02	15	7	0,13
1.S	200	Anemostat	400x400	2	16	0,10	25	13	0,2
4.S	100	Talířový ventil	ø125	1	0	-	20	42	-
5.S	120	Talířový ventil	ø125	1	5	-	25	35	-
5.S	130	Talířový ventil	ø125	1	5	-	25	40	-
6.S	75	Talířový ventil	ø100	2	10	-	22	31	-
7.S	30	Talířový ventil	ø80	1	0	-	24	44	-
8.S	30	Talířový ventil	ø80	1	0	-	24	44	-
9.S	20	Talířový ventil	ø80	1	-9	-	25	33	-

- Stěnové mřížky

Č.m	V [m <sup>3</sup> /h]	Rozměry	Ks	s [mm]	A <sub>ef</sub> [m <sup>2</sup> ]	Δ p [Pa]	W <sub>ef</sub> [m/s]
4.S	100	200x125	2	12,5	0,0160	2,2	1,7
5.S	250	200x300	2	12,5	0,0379	3,6	1,8
7.S	30	200x50	2	12,5	0,0066	2	1,3
9.S	20	200x50	2	12,5	0,0066	2	0,8

### 2.3.3 Větrání 1. NP

Přívod do patra bude realizován přes dvě větve VZT potrubí. První bude vedena stoupačkou ze strojovny do spíže a odtud do jídelny. Zde bude distribuováno štěrbinovými vyústkami 450 m<sup>3</sup>/h, z toho 30 m<sup>3</sup>/h bude potřebných pro výměnu vzduchu ve spíži a zbylých 420 m<sup>3</sup>/h bude proudit k odvodnímu potrubí v kuchyni, kde bude odváděn mřížkami v instalovaných v podhledu. Protože obývací pokoj má otevřený strop a není možné zde vést žádné rozvody, jsou pro distribuci navrženy stěnové vyústky, jimiž bude přetlakem přiváděno 300 m<sup>3</sup>/h, z toho polovina pokryje potřebu pro obývací pokoj a následně bude proudit chodbou do koupelny, kde bude talířovými ventily odváděn. Druhá polovina bude přes schodiště dopravena do 2. NP a odsávání rovněž talířovými ventily na toaletě a koupelně. Tím bude zajištěno dostatečné provětrání schodišťového prostoru.

Druhá větev bude vedena ze strojovny do fitness a odtud stoupačkou do garáže. Ze stoupačky bude ústít přívodní větev pro pracovnu. Pro distribuci vzduchu o průtoku 50 m<sup>3</sup>/h, bude použita rovněž štěrbinová vyústka. V koupelně budou instalovány odvodní talířové ventily TVOM.

- Elementy pro přívod vzduchu

Č.m	V [m <sup>3</sup> /h]	Typ výústky	Rozměry [mm]	Ks	Rozteč lamel	A <sub>ef</sub> [m <sup>2</sup> ]	L <sub>wa,max</sub> [dB]	Δ p [Pa]	W <sub>ef</sub> [m/s]
1.01	150	Stěnová výústka	280x100	2	12,5	0,019	24	8,5	2,2
1.02	130	Štěrbínová výústka	1200x100	1	-	0,0071	42	38	0,6
1.02	120	Štěrbínová výústka	1200x100	2	-	0,0071	39	32	0,7
1.07	60	Štěrbínová výústka	600x100	1	-	0,035	34	31	0,5

- Elementy pro odvod vzduchu

Č.m	V [m <sup>3</sup> /h]	Typ výústky	Rozměry	Ks	Rozteč lamel/nastavení od nulové polohy	A <sub>ef</sub> [m <sup>2</sup> ]	L <sub>wa,max</sub> [dB]	Δ p [Pa]	W <sub>ef</sub> [m/s]
1.03	210	Mřížka do podhledu	225x225	2	12,5	0,033	22	6,5	1,8
1.06	100	Talířový ventil	ø125	2	0	-	20	42	-

- Stěnové mřížky

Místnost	V [m <sup>3</sup> /h]	Rozměry	Ks	Rozteč lamel	A <sub>ef</sub> [m <sup>2</sup> ]	Δ p [Pa]	W <sub>ef</sub> [m/s]
1.06	200	200x225	2	12,5	0,029	3,1	1,9
1.07	50	200x75	2	12,5	0,0097	2	1,4

### 2.3.4 Větrání 2.NP

Stoupačka vedená z garáže, bude pokračovat dále do šatny v 2.NP a z níž bude potrubí rozvětveno do pokojů a ložnice. Vzduch o průtoku 50 m<sup>3</sup>/h bude opět přiváděn štěrbinovými výústkami a odváděn talířovým ventilem v šatně.

- Elementy pro přívod vzduchu

Č.m	V [m <sup>3</sup> /h]	Typ výústky	Rozměry	Ks	A <sub>ef</sub> [m <sup>2</sup> ]	L <sub>wa,max</sub> [dB]	Δ p [Pa]	W <sub>ef</sub> [m/s]
2.01	60	Štěrbínová výústka	600x60	1	0,035	34	31	0,5
2.05	60	Štěrbínová výústka	600x60	1	0,035	34	31	0,5
2.07	60	Štěrbínová výústka	600x60	1	0,035	34	31	0,5

- Elementy pro odvod vzduchu

Č.m	V [m <sup>3</sup> /h]	Typ vyústky	Rozměry	Ks	Rozteč lamel/nastavení od nulové polohy	A <sub>ef</sub> [m <sup>2</sup> ]	L <sub>wa,max</sub> [dB]	Δ p [Pa]	W <sub>ef</sub> [m/s]
2.03	180	Talířový ventil	ø160	1	0	-	≤25	40	-
2.04	50	Talířový ventil	ø80	2	0	-	25	45	-
2.06	50	Talířový ventil	ø80	1	0	-	25	45	-

- Stěnové mřížky

Místnost	V [m <sup>3</sup> /h]	Rozměry	Ks	Rozteč lamel	A <sub>ef</sub> [m <sup>2</sup> ]	Δ p [Pa]	W <sub>ef</sub> [m/s]
2.01	60	200x75	2	12,5	0,0097	2	1,7
2.03	170	200x200	2	12,5	0,0240	3,2	2,0
2.04	50	200x75	2	12,5	0,0097	2	1,4
2.05	60	200x75	2	12,5	0,0097	2,2	1,7
2.07	60	200x75	2	12,5	0,0097	2,2	1,7

## 2.4 Variantní řešení

### 2.4.1 Varianta I.

První variantou bude větrání domu pouze jednou jednotkou Mitsubishi Lossnay. Princip spočívá v tom, že dům bude rozdělen na 2 zóny – 1.PP a 1.NP+2.NP, které budou větrány střídavě, dle potřeby uživatelů. K přepínání průtoků vzduchu mezi zónami, jsou navrženy regulační klapky Mandík RKTm se servopohonem NM 230–A – S. Klapky budou napojeny na kolébkový spínač, který bude samostatný pro každou zónu. Spínače budou umístěny v obývacím pokoji 1.01, odkud budou ovládány dle potřeby. Pokud bude požadavek na větrání v pobytové zóně, spustí spínač pro tuto zónu, otevrou se klapky a prostor bude větrán a naopak.

Jednotka bude umístěna v technické místnosti 8.S v 1.PP. Jelikož je suterén ze 3 stran zapuštěn v zemině, bude sání situováno na jihozápadní straně fasády, směrem do zahrady, přímo v technické místnosti. Výfuk pak bude vyveden na severozápadní stranu v místě 1.NP, aby nedocházelo ke kontaminaci čerstvého vzduchu. Součástí jednotky je též čidlo CO<sub>2</sub>, které bude umístěno ve společném přírodním potrubí.

Výhodou této varianty jsou menší náklady na provoz, malé prostorové nároky, protože je zapotřebí pouze jedné strojovny. Nevýhodou jsou pak delší potrubní rozvody a větrání buď jedné nebo druhé zóny.

### 2.4.2 Varianta I. - Návrh potrubí

Protože rozvody nebudou vedeny volně, ale v podhledu, bylo navrženo čtyřhranné potrubí Lindab.





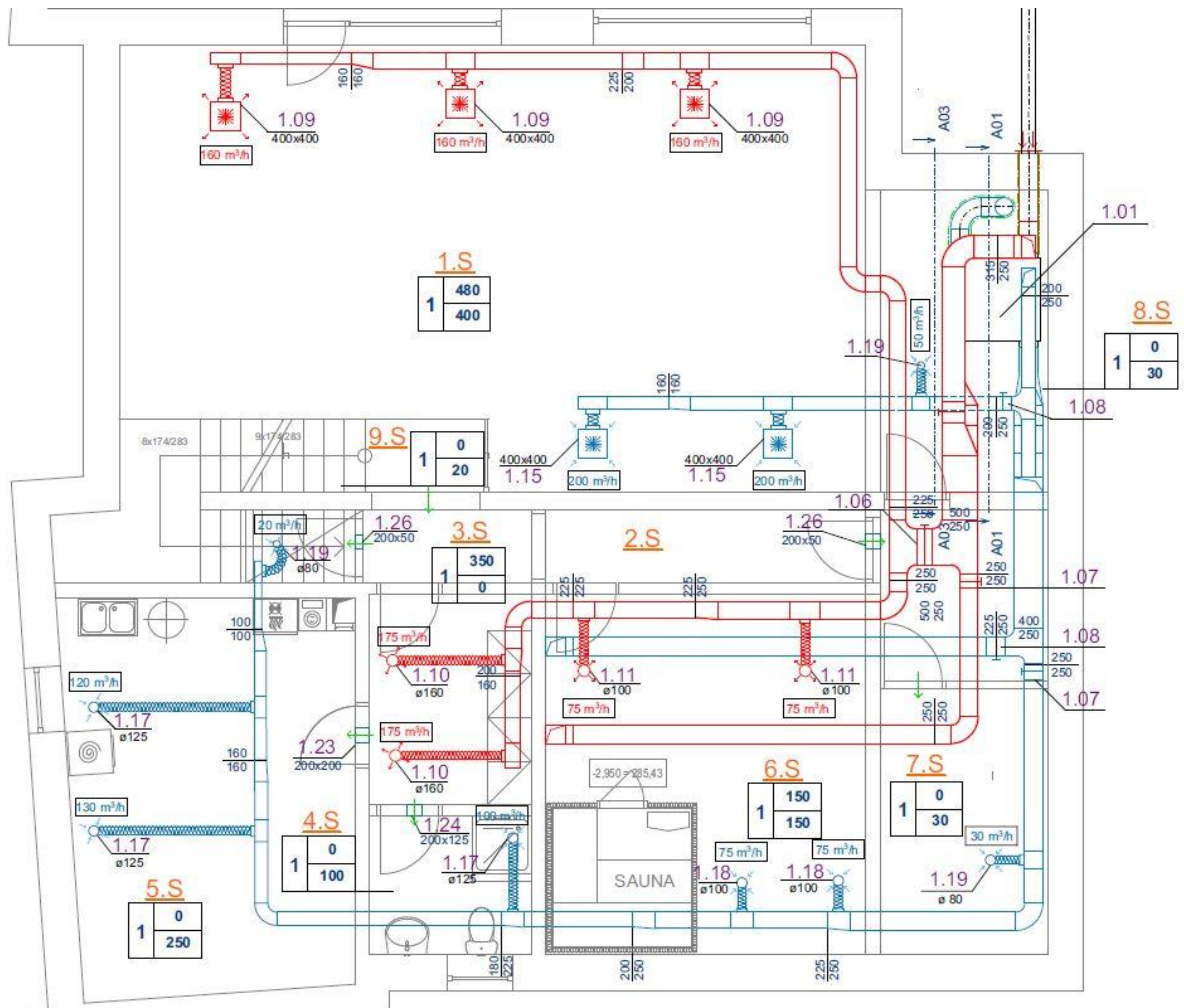


Návrh přívodního potrubí															
1.NP+2.NP - VĚTEV Č. 1 (GARÁŽ)															
n	Místnost	V[m³/h]	L [m]	v´ [m/s]	s´ [m]	d´ [m]	AxB [mm]	d [mm]	r [m]	S [m²]	v [m/s]	R [Pa/m]	ξ [-]	z [Pa]	z+R*L
1.	Ložnice	50	4	2	0,01	0,09	100x100	100	0,050	0,01	1,77	0,63	1,8	3,6541	6,1741
2.	Pokoj	50	6,2	2	0,01	0,09	100x100	100	0,050	0,01	1,77	0,63	1,5	3,0451	6,9511
3.	Pokoj	100	4,27	2,20	0,01	0,13	180x100	130	0,065	0,01	2,09	0,38	1,1	3,1274	4,7500
4.	CELKEM	150	3	2,20	0,02	0,16	160x160	160	0,080	0,02	2,07	0,4372	0,8	2,2303	3,5419
5.	Pracovna	50	4,435	2,00	0,01	0,09	100x100	100	0,050	0,01	1,77	0,63	1,8	3,6541	6,4481
6.	CELKEM	200	14,5	2,20	0,03	0,18	200x160	178	0,089	0,02	2,23	0,4324	1,8	5,8240	12,0938
1.NP -VĚTEV Č.2 (STOUPAČKA VE SPÍŽI)															
1.	Obývací pokoj/1	150	3,4	2,20	0,02	0,16	160x160	160	0,080	0,02	2,07	0,4324	0,3	0,8364	2,3065
2.	Obývací pokoj/1	150	0,6	2,20	0,02	0,16	160x160	160	0,080	0,02	2,07	0,4324	0,3	0,8364	1,0958
3.	Obývací pokoj - celkem	300	1,2	2,50	0,03	0,21	315x160	212	0,106	0,04	2,36	0,275	1,1	3,9798	4,3098
4.	Jídelna/1	670	1,2	3,00	0,06	0,28	450x200	277	0,139	0,06	3,09	0,432	0,3	1,8575	2,3759
5.	Stoupačka	670	9,6	3,00	0,06	0,28	315x250	279	0,140	0,06	3,05	0,432	2,5	15,0397	19,1869
Tlaková ztráta výústky															38
Celkem															107,2
Tlaková ztráta sání		980	3	5,50	0,05	0,25	ø250	250	0,125	0,05	5,55	1,4211	1,2	23,9574	28,2207
Tlaková ztráta žaluzie															15
Celkem															43,2
Celková ztráta přívodního potrubí															150,5

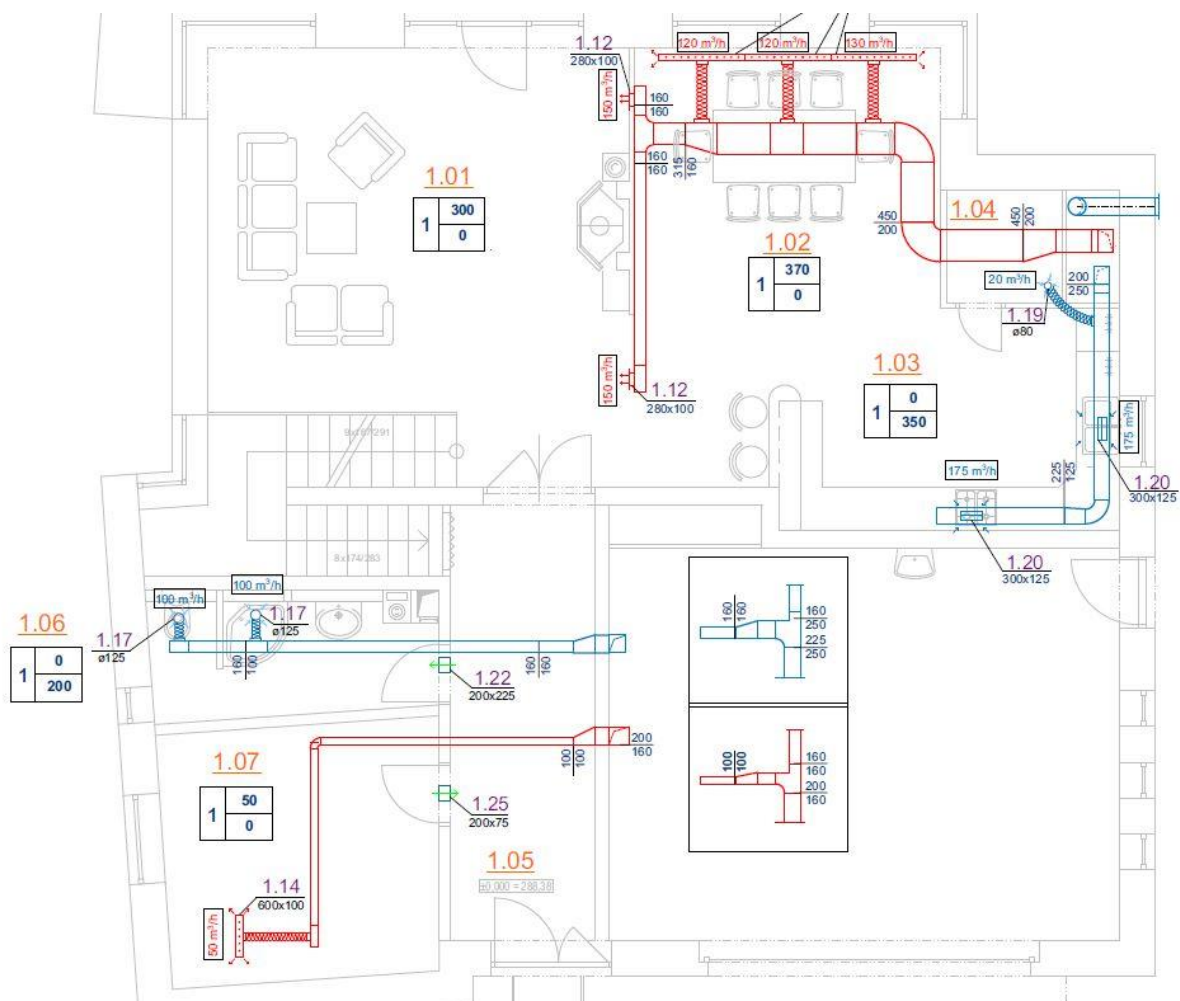
Návrh odvodního potrubí													
2.NP - větev z fitness													
n	Místnost	V[m³/h]	L [m]	v' [m/s]	s' [mm]	d' [mm]	AxB [mm]	d [mm]	r [m]	s [m²]	v [m/s]	R [Pa/m]	ξ [-]
1.	WC	50	1,5	2,2	0,01	0,09	100x100	100	0,050	0,008	1,77	0,6333	0,6
2.	Koupelna/1	100	1,5	2,4	0,01	0,12	160x100	123	0,062	0,012	2,34	0,6333	1,5
3.	Koupelna/2	150	5,4	2,6	0,02	0,14	225x100	138	0,069	0,015	2,79	0,671	0,9
4.	Šatna	300	1,5	2,8	0,03	0,19	160x250	195	0,098	0,030	2,79	0,4238	2,1
5.	Stoupačka	300	2,8	2,8	0,03	0,19	160x250	195	0,098	0,030	2,79	0,4238	0,8
1.NP - větev z fitness													
1.	Koupelna/1	100	1,4	2,4	0,01	0,12	160x100	123	0,062	0,012	2,34	0,671	0,6
2.	Koupelna/2	200	6	2,8	0,02	0,16	225x125	161	0,081	0,020	2,73	0,4238	1,2
3.	Stoupačka	500	3,6	3	0,05	0,24	225x250	237	0,119	0,044	3,15	0,21	0,6
z+R*L													
													2,1680
													6,2715
													8,1573
													11,2499
													5,2302
z [Pa]													
													1,2
													5,3
													4,5
													10,6
													4,0
													2,1
													5,8
													3,9
													4,6167

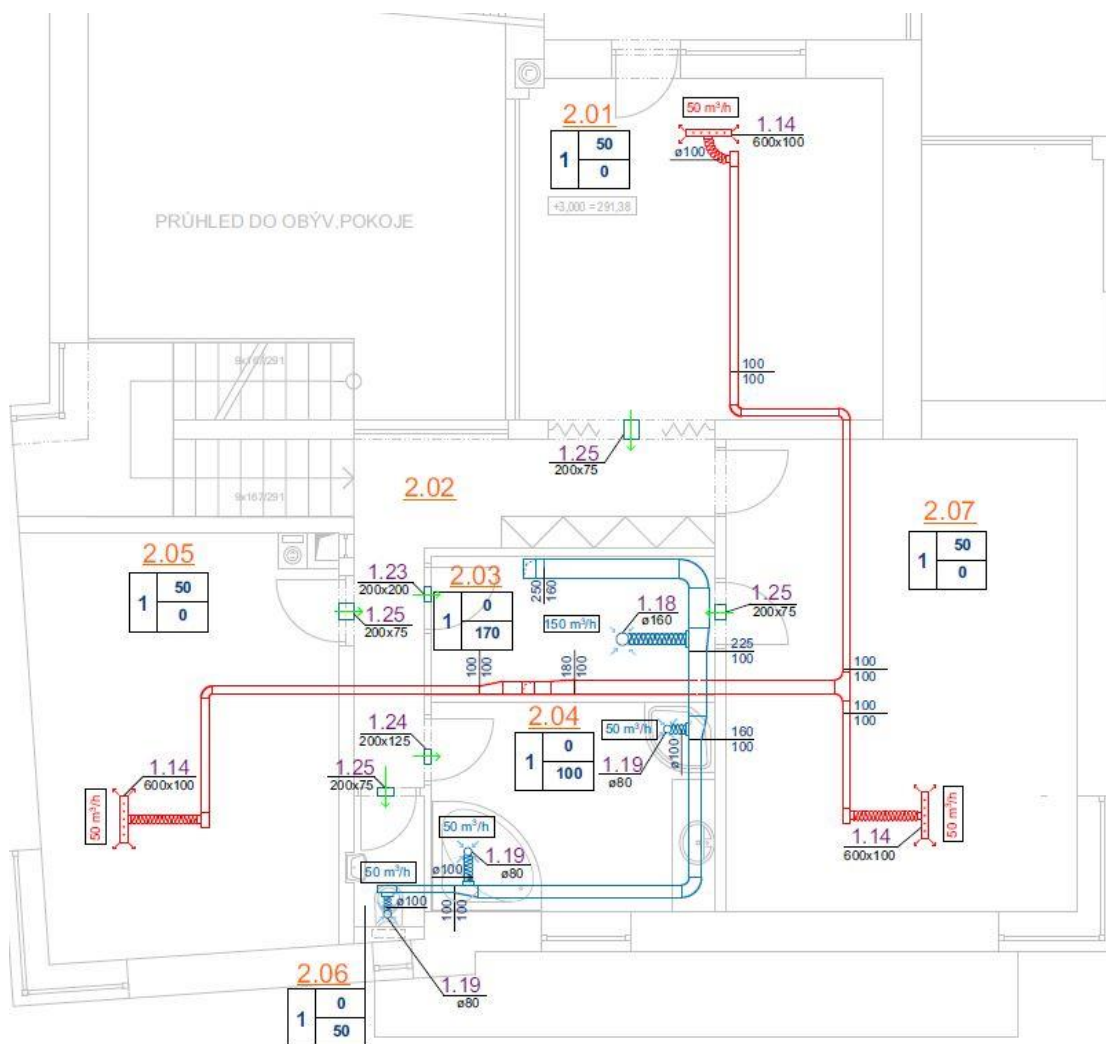
Návrh odvodního potrubí													
2.NP - větev ve spíži													
n	Místnost	V[m³/h]	L [m]	v' [m/s]	s' [mm]	d' [mm]	AxB [mm]	d [mm]	r [m]	s [m²]	v [m/s]	R [Pa/m]	ξ [-]
1	Jídelna/1	175	2,3	2,40	0,02	0,16	225x125	161	0,081	0,020	2,39	0,4528	1,5
2	Jídelna/2	350	5,9	2,5	0,04	0,22	200x250	222	0,111	0,039	2,51	0,3055	1,2
Celkem:													
Tlaková ztráta výústky													
Tlaková ztráta výfuk													
Tlaková ztráta žaluzie													
Celkem													
Celková ztráta odvodního potrubí													
161,9													



Obrázek 46 Varianta I. - potrubní rozvody v 1.PP



Obrázek 47 Varianta I. - potrubní rozvody v 1.NP



Obrázek 48 Varianta I. - potrubní rozvody v 2.NP

### 2.4.3 Návrh zemního výměníku

V zimním období při teplotách menších jak  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ , může docházet k zamrznutí degradaci papírového výměníku vlivem námrazy, a tím i k nefunkčnosti celé jednotky. Dále může docházet k tomu, že přívodní větrací vzduch bude příliš chladný a bude tak narušovat tepelnou pohodu v objektu. Proto bude navržen zemní výměník, který bude sloužit pro předehřev přívodního vzduchu v zimním období a k ochlazení teplého vzduchu v horkých letních měsících. Předehřevem vzduchu také můžeme výrazně snížit náklady na vytápění. Jelikož by při plném průtoku  $980\text{ m}^3/\text{h}$  měl přívodní vzduch stále nízkou teplotu a docházelo by k vysokým tlakovým ztrátám a vysoké rychlosti proudění vzduchu výměníkem, budou navržena dvě potrubí, jimiž bude protékat polovina průtoku, a to  $490\text{ m}^3/\text{h}$ . Takto dosáhneme při  $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$  výstupní teploty okolo  $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$  a tlaková ztráta okolo  $10\text{ Pa}$ . Tato teplota již nebude pro poškození výměníku tak kritická a díky malé tlakové ztrátě tak nemusíme na přívod potrubí navrhovat ventilátor, ale k sání postačí ventilátor jednotky Lossnay.



Stavba se nachází v městě Hodoníně, kde je průměrná teplota v zimním období okolo -5 °C, ale nastanou i výkyvy, kdy teplota klesne pod -12 °C, a proto je lepší výměník chránit. Zemním výměníkem dosáhneme i výrazného snížení nákladů na vytápění a v létě na chlazení.

Sání zemního výměníku bude společné, v zahradě, na jihovýchodní straně. Poté se potrubí rozdělí a povede v hloubce 2,5 m kolem domu, kde se v místě strojovny opět sloučí a napojí na sací potrubí jednotky. Průměr potrubí je  $\varnothing$  250 mm. Na obou trubkách budou osazeny klapky, napojeny na teplotní čidlo, a při dosažení požadovaných nastavených teplot se buď otevřou nebo zavřou. Bude-li teplota venkovního vzduchu menší jak 5 °C, otevře se klapka výměníku a vzduch bude proudit tudy. V rozmezí teplot 5–25 °C, bude vzduch nasáván přes žaluzii na fasádě. Při teplotách vyšších jak 25 °C, budeme využívat vzduchu, ochlazeného zemí.

Výpočtový stav zeminy	
Typ zeminy:	Jílovitá vlhká ▼
Oblast:	Průměrná ▼
Hloubka uložení potrubí:	2.5 m ▼
Teplota zeminy:	5.95 °C ▼
Parametry potrubí	
Materiál potrubí kolektoru:	PP speciální ▼
Vnitřní průměr potrubí:	250 mm ▼
Délka potrubí:	25 m ▼
Průtokové parametry	
Typ provozu:	Přerušovaný 25% ▼
Teplota nasávaného vzduchu:	-12 °C ▼
Relativní vlhkost vzduchu:	90 % ▼
Objemový průtok:	490 m <sup>3</sup> /h ▼
Průměrná rychlost:	2.77 m/s ▼
Výpočet a výsledky	
Výstupní teplota vzduchu:	-3.93 °C ▼
Tepelný výkon:	1483 W ▼
Kondenzace:	Kondenzace nenastane
Tlaková ztráta:	10.4 Pa ▼
Termická účinnost kolektoru:	44.9 % ▼
Informace o výpočtu: Teplota půdy vypočítána dle nastavené hloubky uložení.	

Obrázek 49 Výstup z program stránky [www.qpro.cz](http://www.qpro.cz), pro přibližný výpočet zemního výměníku v zimním období při teplotě -12 °C. (49)

Výpočtový stav zeminy		
Typ zeminy:	Jílovitá vlhká ▼	
Oblast:	Průměrná ▼	
Hloubka uložení potrubí:	2.5	m ▼
Teplota zeminy:	6.72	°C ▼

---

Parametry potrubí		
Materiál potrubí kolektoru:	PP speciální ▼	
Vnitřní průměr potrubí:	250	mm ▼
Délka potrubí:	25	m ▼

---

Průtokové parametry		
Typ provozu:	Přerušovaný 25% ▼	
Teplota nasávaného vzduchu:	-6	°C ▼
Relativní vlhkost vzduchu:	90	% ▼
Objemový průtok:	490	m <sup>3</sup> /h ▼
Průměrná rychlost:	2.77	m/s ▼

---

Výpočet a výsledky		
Výstupní teplota vzduchu:	0.0232	°C ▼
Tepelný výkon:	1089	W ▼
Kondenzace:	Kondenzace nenastane	
Tlaková ztráta:	10.3	Pa ▼
Termická účinnost kolektoru:	47.3	% ▼

Informace o výpočtu: Teplota půdy vypočítána dle nastavené hloubky uložení.

Obrázek 50 Výstup z programu stránky [www.qpro.cz](http://www.qpro.cz), pro přibližný výpočet zemního výměníku v zimním období při teplotě -6 °C. (50)

Výpočtový stav zeminy	
Typ zeminy:	Jílovitá vlhká ▼
Oblast:	Průměrná ▼
Hloubka uložení potrubí:	2.5 m ▼
Teplota zeminy:	12.8 °C ▼

---

Parametry potrubí	
Materiál potrubí kolektoru:	PP speciální ▼
Vnitřní průměr potrubí:	250 mm ▼
Délka potrubí:	25 m ▼

---

Průtokové parametry	
Typ provozu:	Přerušovaný 25% ▼
Teplota nasávaného vzduchu:	25 °C ▼
Relativní vlhkost vzduchu:	40 % ▼
Objemový průtok:	490 m <sup>3</sup> /h ▼
Průměrná rychlost:	2.77 m/s ▼

---

Výpočet a výsledky	
Výstupní teplota vzduchu:	18.8 °C ▼
Tepelný výkon:	-991.2 W ▼
Kondenzace:	Kondenzace nenastane
Tlaková ztráta:	9.55 Pa ▼
Termická účinnost kolektoru:	50.9 % ▼

Informace o výpočtu: Teplota půdy vypočítána dle nastavené hloubky uložení.

Obrázek 51 Výstup z program stránky [www.qpro.cz](http://www.qpro.cz), pro přibližný výpočet zemního výměníku v letním období při teplotě 25 °C. (51)

#### 2.4.4 Varianta I. - Návrh rekuperační jednotky

Pro větrání domu, byla zvolena jednotka Mitsubishi Electric Lossnay, kterou jsem porovnávala ve svém experimentu s jednotkou Systemair Villavent a která vyšla jako vhodnější pro použití k větrání rodinných domů. Systém je pojmenován podle názvu materiálu entalpického výměníku, Lossnay core, který umožňuje s vysokou účinností přenášet teplotu a vlhkost. Jednotky se vyrábí v různých dimenzích a lze je instalovat jak do podhledů, tak do malých kompaktních jednotek.

Pro efektivní návrh jednotky byl použit program Mitsubishi Electric Lossnay Selection, kde byl zadán maximální průtok vzduchu a největší tlaková ztráta jednotky. Jako nejvhodnější se pro tuto variantu ukázala jednotka LGH - 250 RVX – E x 1unit, 3 high. Navržená jednotka je stejná jako ta, na které byl proveden experiment, s tím rozdílem, že AC motory, byly nahrazeny EC motory, které jsou výhodnější z hlediska úspory energie, hlučnosti, ceny a životnosti. Podrobnější popis jednotky, je uveden v kapitole C (3.2.1). K příslušenství jednotky patří čidlo CO<sub>2</sub> a dálkové ovládání. K jednotce se lze připojit kruhovým potrubím ø 250 mm.



- Vstupní okrajové podmínky při návrhu jednotky

Průtok vzduchu: 980 m<sup>3</sup>/h

	Léto	Zima
Vnitřní návrhová teplota	24 °C	20 °C
Vnitřní návrhová vlhkost	50 %	60 %
Vnější návrhová teplota	30 °C	0 °C
Vnější návrhová vlhkost	43 %	90 %



**MITSUBISHI ELECTRIC**

# Lossnay Economical Calculation

Selection

Power Supply

230V 50Hz

Selected Models

LGH-250RV/XT-E

Air volume

3(High)

Units

1

Outdoor Condition

Temperature	(°C)	Heating (Winter)	-4	Cooling (Summer)	30
Relative humidity	(%)		70		43
Enthalpy	(kJ/kg)		0.7		59.3

Indoor Condition

Supply Air	(m3/h)	987
Supply Static Pressure	(Pa)	195

Temperature	°C	Heating (Winter)	20	Cooling (Summer)	24
Relative humidity	(%)		60		50
Enthalpy	(kJ/kg)		42.2		47.8

Operation time	hour/day	24
	day/month	31
	month/year	8

Energy cost	1.42
COP	2

Supply air (SA)

Dry bulb temperature	(°C)	Heating (Winter)	15.5	Cooling (Summer)	25.3
Relative humidity	(%)		59.8		49.7
Enthalpy	(kJ/kg)		32.1		50.9

Temp Efficiency	(%)	81.2
Enthalpy Efficiency	(%)	75.7

Outdoor(Supply) air load	Heating (Winter)	3.32	Cooling (Summer)	1.02
Lossnay	(kW)	7.17		2.2
Sensible heat exchanger	(kW)	13.64		3.78
Conventional ventilator	(kW)	10.32		2.77
Lossnay Total heat recovered	(kW)	24		27
Outdoor air ratio	(%)			

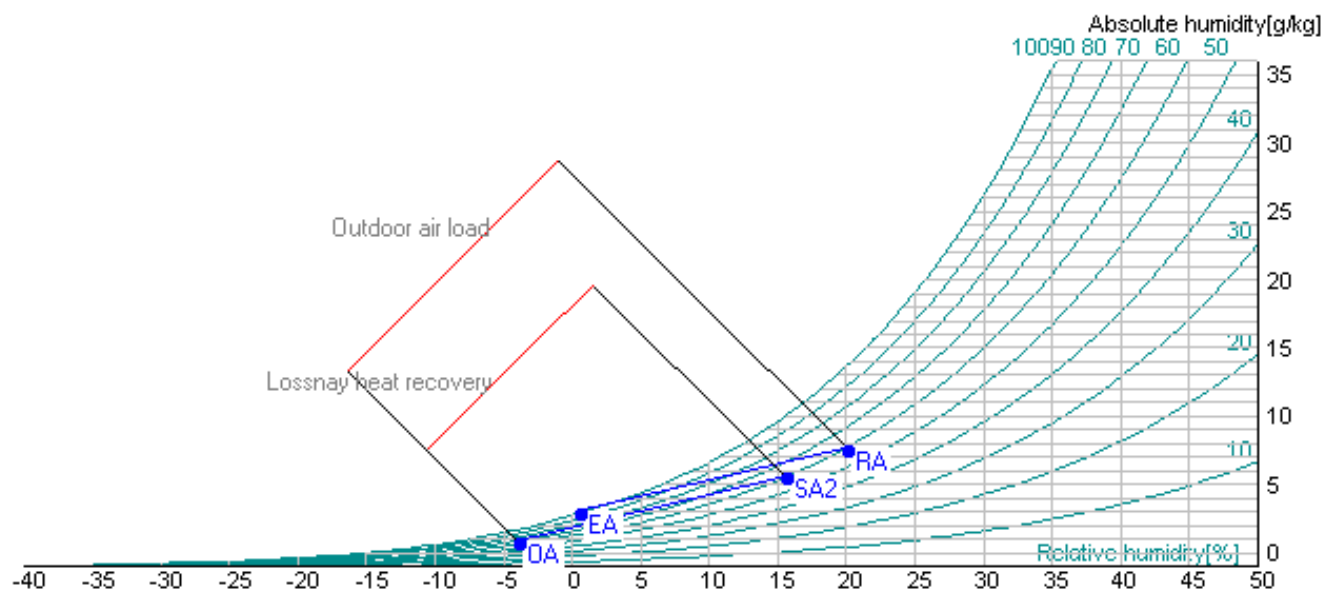
Outdoor air load Heating(Winter)

System	Conventional	Sensible heat exchanger	Lossnay
Conventional ventilator	13.64		
Sensible heat exchanger	7.17	6.47	
Lossnay	3.32	10.32	1.02

Outdoor air load Cooling(Summer)

System	Conventional	Sensible heat exchanger	Lossnay
Conventional ventilator	3.78		
Sensible heat exchanger	2.2	1.58	
Lossnay	1.02	2.76	0.77

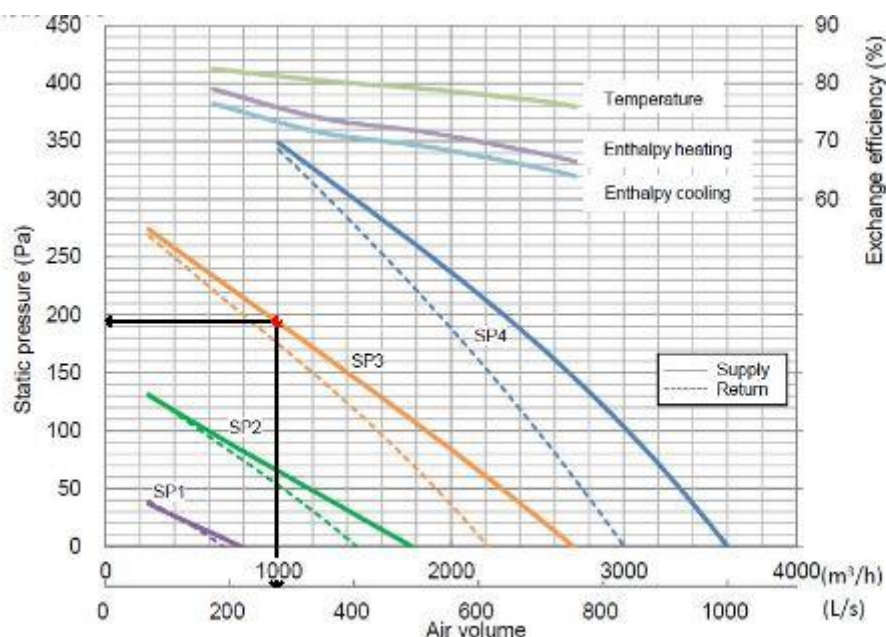
Obrázek 53 Výstup ze softwaru Mitsubishi Lossnay Economical Calculation



Graf 1 HX diagram pro jednotku Mitsubishi Lossnay LGH – 250 RX5-E

Při návrhové teplotě -12 °C a vlhkosti 95 % bude teplota na výstupu z výměníku -4 °C s vlhkostí 70 %.

Vstupní a výstupní údaje	
<b>1.Venkovní vzduch (OA)</b>	
Venkovní teplota [°C]	-4
Relativní vlhkost [%]	70
Měrná vlhkost [g/kg]	1,9
Entalpie [kJ/kg]	0,7
<b>2.Vnitřní vzduch (RA)</b>	
Vnitřní teplota [°C]	20
Relativní vlhkost [%]	60
Měrná vlhkost [g/kg]	8,7
Entalpie [kJ/kg]	42,3
<b>3.Přívodní vzduch (SA)</b>	
Návrhová teplota [°C]	15,5
Relativní vlhkost [%]	60
Měrná vlhkost [g/kg]	6,6
Entalpie [kJ/kg]	32,2



Graf 2 Pracovní bod ventilátoru jednotky Mitsubishi Lossnay LGH – 250 RX5-E

- Výsledné hodnoty

Výsledky	Zima	Léto
Teplotní účinnost	81,2 %	77,9 %
Vlhkostní účinnost	75,7 %	73,2 %
Celkový výkon ventilátoru	13,6 kW	3,78 kW

Jelikož je dům navržen jako jeden požární úsek, není potřeba osazovat na potrubí požární klapky. Hlučnost jednotky je měřena pouze v jejím středu, ve vzdálenosti 1,5 m, ve třech hodnotách – při extra nízkém, nízkém a vysokém průtoku, a ne v oktávových pásmech. Nejhluchnější bude jednotka při „vysokém“ průtoku, a to 39 dB. Sice je to pod dovoleným litem 40 dB, který udává nařízení vlády č.272/2011 Sb. o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací, ale i přesto bude na sacím potrubí osazen kruhový tlumič  $\varnothing 250$  mm, délky 600 mm. Na výtlačku bude použito ohebné spiro potrubí. Pro eliminaci hluku na potrubí přivádějící vzduch do interiéru, je navržen kulisový tlumič hluku Lindab SLRS, o rozměrech 1 050 x 300 mm, se vzdáleností kulis  $s = 60$  mm. Na odvodu pak tlumič rozměrů 550 x 300 mm,  $s = 60$  mm

## 2.5 Varianta II.

Druhá varianta spočívá v návrhu dvou rekuperačních jednotek, obsluhující každou zónu zvlášť. Tím se vyhneme přepínání mezi zónami a neomezenosti v možnosti větrání.

Abychom mohli obě jednotky pohodlně umístit, bylo třeba zrušit prostory vinného sklepa. Zde bude umístěna jednotka pro obsluhu 1.PP. Z důvodu přemístění a úspory materiálu, bylo třeba poupravit i rozvody potrubí v prostoru. Avšak potřeba vzduchu pro 1.PP zůstává stejná, a to 980 m<sup>3</sup>/h. Sání vzduchu bude situováno ze strany ulice a vedeno do prostor garáže a odtud stoupačkou do strojovny. Výfuk bude vyveden rovněž na jihozápadní straně, z prostoru garáže. Součástí jednotky je čidlo CO<sub>2</sub>, které bude umístěno ve společenské místnosti, kde se při plném obsazení předpokládá největší koncentrace CO<sub>2</sub>.

Jednotka č. 2, pro 1.NP a 2.NP, bude umístěna ve strojovně 8.S. Abychom předcházeli zbytečnému křížení potrubí jednotlivých zón, bude stoupací potrubí pro horní patra vycházet přímo ze strojovny, do spíže v 1.NP a odtud bude rozvětveno stejně, jako v první variantě. Potřeba vzduchu pro obytné prostory zůstává také stejná, jako v první variantě. Stejně tak výfuk a sání vzduchu. Čidlo CO<sub>2</sub> bude umístěno v obývacím pokoji, protože zde se budou uživatelé nejvíce zdržovat.

Výhodou této varianty je neomezenost větrání jednotlivých zón. Další výhodou jsou kratší potrubní rozvody. Avšak nevýhodou jsou vyšší pořizovací nároky a velké nároky na provoz, kvůli umístění dvou jednotek.

### 2.5.1 Varianta II. - Návrh potrubí

Rozvody potrubí v 1.PP budou díky přemístění jednotky do jiné strojovny pozměněny. Do 1.NP nepovedou přívodní a odvodní stoupačky z prostorů fitness, avšak přímo ze strojovny 8.S do spíže a odtud budou rozvětveny a dále stoupacím potrubím dopraveny skrze opět šatnu ve 2.NP.



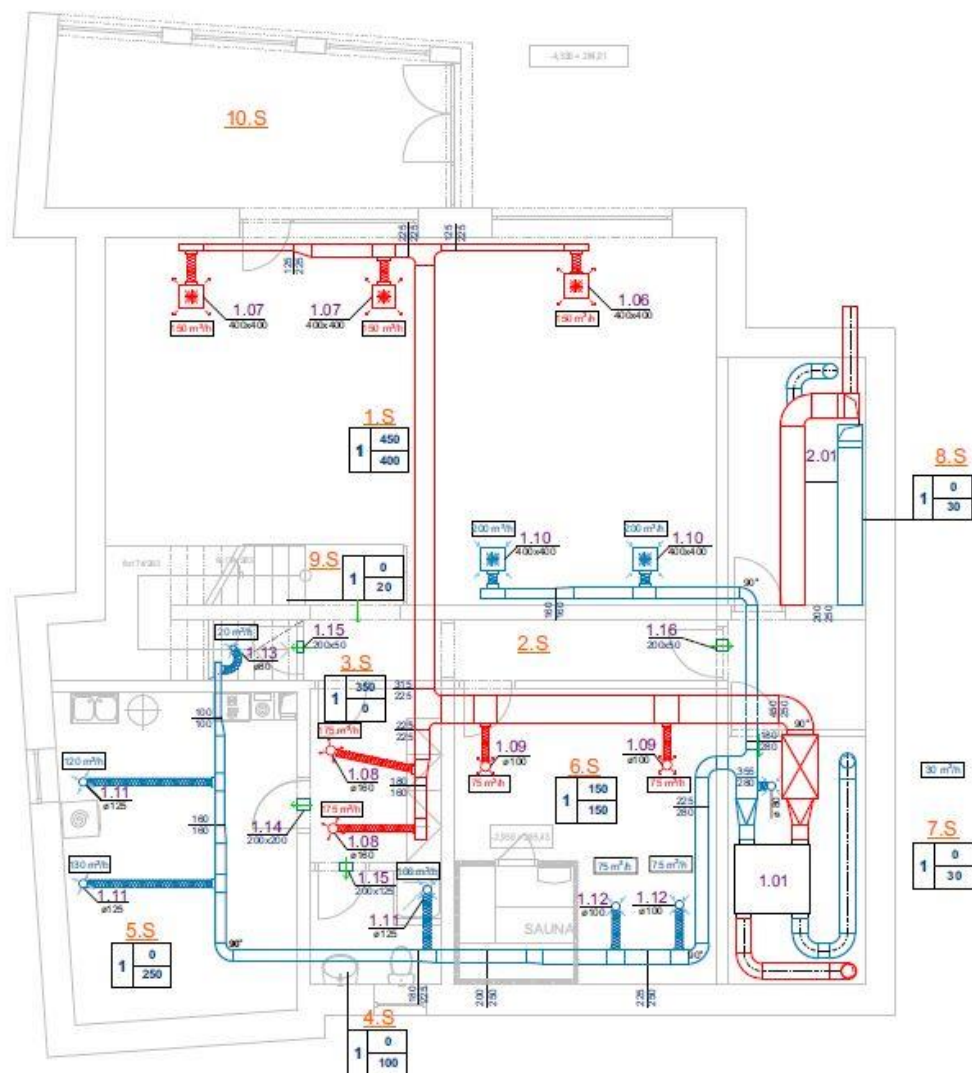
Návrh přívodního potrubí															
Jednotka č. 1 - 1.PP															
č.	Místnost	V[m³/h]	L [m]	v´ [m/s]	s´ [m]	d´ [m]	AxB [mm]	d [mm]	r [m]	S [m²]	v [m/s]	R [Pa/m]	ξ [-]	z [Pa]	z+R*L <small>30000</small>
1.	Společenská místnost/1	160	3,3	2,20	0,02	0,16	125x225	161	0,081	0,02	2,18	0,4372	0,6	1,8563	3,2991
2.	Společenská místnost/2	320	0,7	2,4	0,04	0,22	225x225	225	0,113	0,04	2,24	0,2756	0,3	0,9733	1,1662
3.	Společenská místnost/3	160	2,4	2,20	0,02	0,16	125x225	161	0,081	0,02	2,18	0,4372	0,6	1,8563	2,9056
4.	Σ Společenská místnost	480	7,1	2,5	0,05	0,26	315x225	263	0,132	0,05	2,46	0,2163	0,8	3,1283	4,6641
5.	Šatna/1	175	1,2	2,2	0,02	0,17	180x160	169	0,085	0,02	2,17	0,3143	0,6	1,8291	2,2063
6.	Šatna/2	350	1,15	2,4	0,04	0,23	225x225	225	0,113	0,04	2,45	0,3596	0,3	1,1644	1,5779
7.	Šatna+společenská místnost	830	0,6	2,7	0,09	0,33	450x250	321	0,161	0,08	2,85	0,3286	0,8	4,2149	4,4121
8.	Fitko/1 <small>30000</small>	905	3,1	3	0,08	0,33	450x250	321	0,161	0,08	3,11	0,3787	0,3	1,8792	3,0531
9.	Fitko/2 <small>30000</small>	980	4,3	3,2	0,09	0,33	450x250	321	0,161	0,08	3,37	0,4287	0,6	4,4071	6,2505
Tlaková ztráta výústky															38,0
Celkem															67,5
Tlaková ztráta sání		980	3	5,50	0,05	0,25	ø250	250	0,125	0,05	5,55	1,4211	1,2	23,9574	28,2207
Tlaková ztráta žaluzie															15
Celkem															43,2
Celková ztráta přívodního potrubí															110,8

Návrh přívodního potrubí															
Jednotka č. 2 - 1.NP + 2.NP															
n	Místnost	V[m³/h]	L [m]	v' [m/s]	s' [m]	d' [m]	AxB [mm]	d [mm]	r [m]	S [m²]	v [m/s]	R [Pa/m]	ξ [-]	z [Pa]	z+R*L
1.	Ložnice	50	4	2	0,01	0,09	100x100	100	0,050	0,01	1,77	0,63	1,8	3,6541	6,1741
2.	Pracovna	50	6,2	2	0,01	0,09	100x100	100	0,050	0,01	1,77	0,63	1,5	3,0451	6,9511
3.	Pokoj	100	4,27	2,20	0,01	0,13	180x100	130	0,065	0,01	2,09	0,38	1,1	3,1274	4,7500
	CELKEM	150	3	2,20	0,02	0,16	160x160	160	0,080	0,02	2,07	0,4372	0,8	2,2303	3,5419
1.	Pokoj	50	6,9	2,20	0,01	0,09	100x100	100	0,050	0,01	1,77	0,6333	1,5	3,0451	7,4148
2.	Pokoj+2.NP	200	3,7	2,40	0,02	0,17	160x225	187	0,094	0,03	2,02	0,4238	1,8	4,7811	6,3492
3.	Obyvací pokoj/1	350	3,4	2,60	0,04	0,22	280x180	219	0,110	0,04	2,58	0,3596	0,3	1,2973	2,5200
4.	Obyvací pokoj/2	150	0,6	2,80	0,01	0,14	125x180	148	0,074	0,02	2,42	0,4372	0,3	1,1424	1,4047
5.	Obyvací pokoj - celkem	500	1,2	3,00	0,05	0,24	355x180	245	0,123	0,05	2,95	0,4104	1,1	6,1977	6,6902
6.	Jídelna/1	870	1,2	3,20	0,08	0,31	400x250	308	0,154	0,07	3,25	0,3753	0,3	2,0489	2,4993
7.	Stoupačka	870	9,6	3,30	0,07	0,31	400x250	308	0,154	0,07	3,25	0,3753	3,8	25,9528	29,5557
Tlaková ztráta výústky															
Celkem															
Tlaková ztráta sání		870	6	5,00	0,05	0,25	ø250	250	0,125	0,05	4,93	1,0932	1,8	28,3215	34,8807
Tlaková ztráta žaluzie															
Celkem															
Celková ztráta přívodního potrubí		127,7													

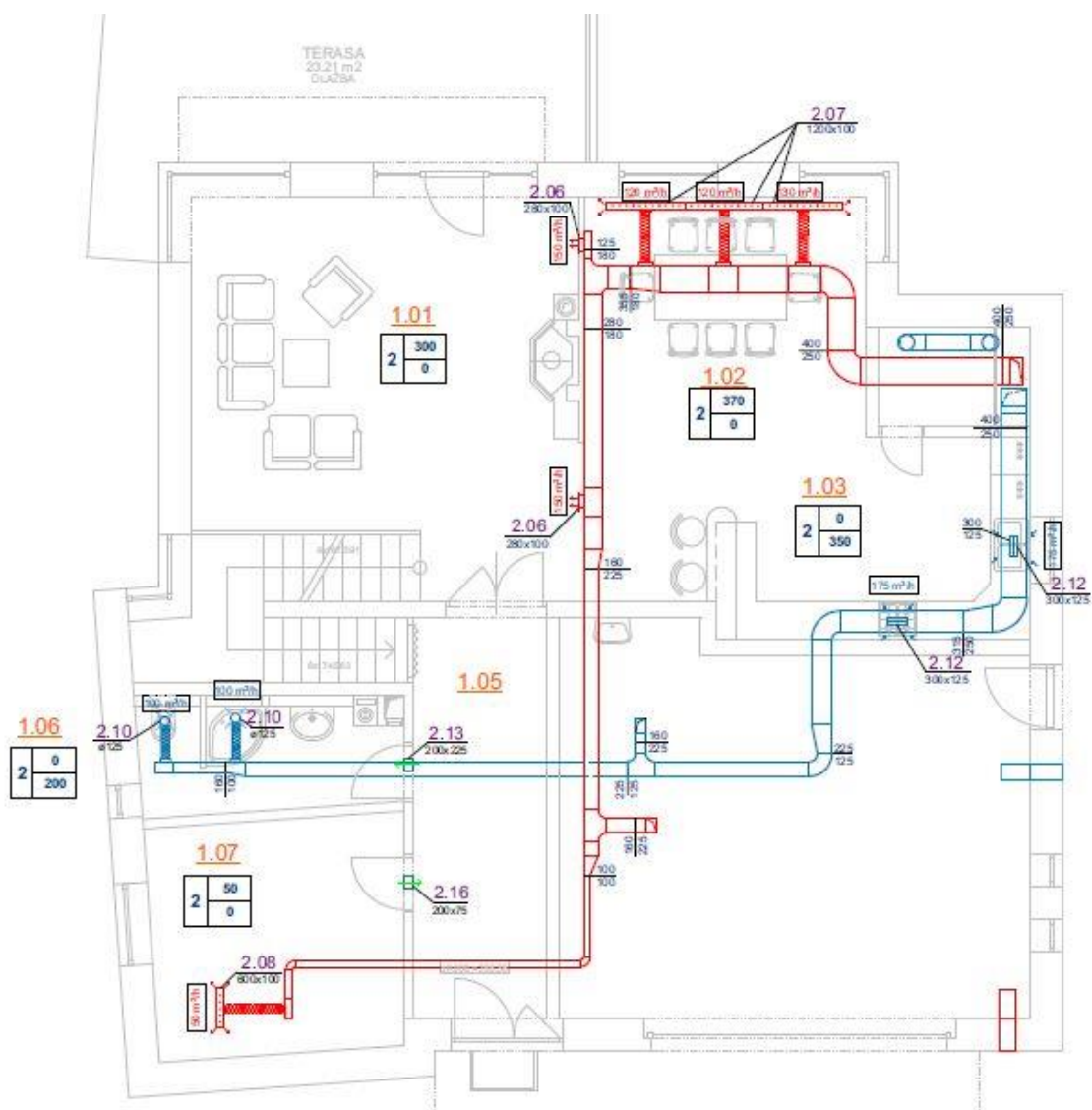


Návrh odvodního potrubí															
Jednotka č. 1 - 1.PP															
n	Místnost	V[m³/h]	L [m]	v' [m/s]	s' [mm]	d' [mm]	AxB [mm]	d [mm]	r [m]	S [m²]	v [m/s]	R [Pa/m]	ξ [-]	z [Pa]	z+R*L <small>z<sub>max</sub></small>
2.	Společenská místnost/1	200	2,55	2,60	0,02	0,16	160x160	160	0,080	0,020	2,76	0,6761	0,9	4,5	6,1846
4.	Společenská místnost/2	400	3	3	0,04	0,22	180x280	219	0,110	0,038	2,95	0,4482	1,5	8,5	0,2589
5.	Komora	20	2,5	2,00	0,00	0,06	100x100	100	0,050	0,008	0,71	0,21	0,9	0,3	0,8173
6.	Kotelna/1	150	4	2,2	0,02	0,16	160x160	160	0,080	0,020	2,07	0,4372	0,9	2,5	4,2579
7.	Kotelna/2	270	4,5	2,4	0,03	0,20	225x180	200	0,100	0,031	2,39	0,4181	1,2	4,4	6,3212
8.	Koupelna	370	3,2	2,6	0,04	0,22	250x200	222	0,111	0,039	2,66	0,395	0,9	4,1	5,3831
9.	Fitko/1	445	1,3	2,8	0,04	0,24	250x225	237	0,119	0,044	2,80	0,3377	0,9	4,6	5,0261
10.	Fitko/2	520	3,65	3	0,05	0,25	225x280	250	0,125	0,049	2,94	0,4368	1,5	8,4	10,0258
12.	Společenská+Fitko	920	0,4	3,4	0,08	0,31	355x280	313	0,157	0,077	3,32	0,4286	0,8	5,7	5,9001
13.	Celkem	950	0,8	3,6	0,07	0,31	355x280	313	0,157	0,077	3,43	0,4286	0,8	6,1	6,4513
Tlaková ztráta výústky															
Celkem:															
Tlaková ztráta výfuk		980	6	5,50	0,05	0,25	ø250	250	0,125	0,05	5,55	1,4211	1,8	35,9360	44,4626
Tlaková ztráta žaluzie															10
Celkem															54,5
Celková ztráta odvodního potrubí															
149,1															

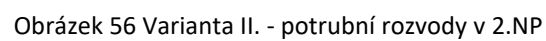
Návrh odvodního potrubí															
Jednotka č. 2 - 1.NP + 2.NP															
n	Místnost	V[m³/h]	L [m]	v´ [m/s]	s´ [mm]	d´ [mm]	AxB [mm]	d [mm]	r [m]	S [m²]	v [m/s]	R [Pa/m]	ξ [-]	z [Pa]	z+R*L
1.	WC	50	1,5	2,2	0,01	0,09	100x100	100	0,050	0,008	1,77	0,6333	0,6	1,2	2,1680
2.	Koupelna/1	100	1,5	2,4	0,01	0,12	160x100	123	0,062	0,012	2,34	0,6333	1,5	5,3	6,2715
3.	Koupelna/2	150	5,4	2,6	0,02	0,14	225x100	138	0,069	0,015	2,79	0,671	0,9	4,5	8,1573
4.	Šatna	300	1,5	2,8	0,03	0,19	160x225	187	0,094	0,027	3,04	0,4238	2,1	12,6	13,1862
5.	Stoupačka	300	2,8	2,8	0,03	0,19	160x225	187	0,094	0,027	3,04	0,4238	0,8	4,8	5,9678
1.	Koupelna/1	100	2,3	2,4	0,01	0,12	160x100	123	0,062	0,012	2,34	0,4528	1,5	5,3	6,3630
2.	Koupelna/2	200	5,9	2,8	0,02	0,16	225x125	161	0,081	0,020	2,73	0,3055	1,2	5,8	7,6035
3.	Jídelna/1	675	5,7	3,00	0,06	0,28	315x250	279	0,140	0,061	3,07	0,4528	1,5	9,2	11,7400
4.	Jídelna/2	870	7	3,2	0,08	0,31	400x250	308	0,154	0,074	3,25	0,3055	1,2	8,2	10,3341
Tlaková ztráta výústky															45
Celkem:															116,8
Tlaková ztráta výfuk		870	6	5,50	0,04	0,24	ø250	250	0,125	0,05	4,93	1,0932	1,8	28,3215	34,8807
Tlaková ztráta žaluzie															10
Celkem															44,9
Celková ztráta odvodního potrubí															161,7



Obrázek 54 - Varianta II. - potrubní rozvody v 1.PP



Obrázek 55 Varianta II. - potrubní rozvody v 1.NP



## 2.5.2 Varianta II. - Návrh rekuperační jednotky

V programu Mitsubishi Electric Lossnay Selection, byly navrženy dvě rekuperační jednotky. Jelikož je v 1.PP stejný průtok a maximální tlaková ztráta je také téměř stejná, bude prostor obsluhovat také jednotka LGH - 250 RVX – E x 1unit, 3 high. Pro obytná podlaží bude zvolena jednotka LGH – 100 RVX-E x 1, 4 high. K příslušenství jednotek patří čidlo CO<sub>2</sub> a dálkové ovládání. K jednotce se lze připojit kruhovým potrubím ø 250 mm.

### 2.5.2.1 Jednotka č. 1 - suterén

Stejná jednotka jako ve variantě č. I-specifikace je stejná jako (2.4.4).

### 2.5.2.2 Jednotka č. 2–1.NP + 2.NP


- Vstupní okrajové podmínky při návrhu jednotky

Průtok vzduchu: 870 m<sup>3</sup>/h

	Léto	Zima
Vnitřní návrhová teplota	24 °C	20 °C
Vnitřní návrhová vlhkost	50 %	60 %
Vnější návrhová teplota	30 °C	0 °C
Vnější návrhová vlhkost	43 %	90 %

I u této varianty budeme uvažovat zemní výměník pro předehřev přívodního vzduchu v zimním období. Jelikož však máme dvě jednotky, bude mít každá jednotka svůj výměník. Ty povedou nad sebou. Výměník pro jednotku č. 1, v hloubce 2,5 m, výměník pro jednotku č. 2 ve 3 m. Teploty se v této výšce liší již pouze v řádech setin, tudíž budeme vycházet ze stejných výsledků. Dimenze a klapky zůstávají stejné, jako při I. Variantě.





# Lossnay Selection

Exhaust air (EA)

Supply air (SA)

Room air (RA)

Outdoor air (OA)

**Selection**

Power Supply: 230V/50Hz

Inlet Heater: ☐ Necessary ☒ Unnecessary

Room Conditions:

Airflow per person: 1 m<sup>3</sup>/h

Number of persons: 1

Total supply air: 870 m<sup>3</sup>/h

Selected Lossnay model & Fan Speed:

**LGH-100RVX-E x 1unit, "4(Ex. High)"**

LGH-250RVXT-E x 1unit, "3(High)"

LGF-100GX-E x 1unit, "4(Ex. High)"

☒ 4(Ex. High) ☒ 3(High) ☐ 2(Low) ☐ 1(Ex. Low)

Heat exchange efficiency (%): 81,4

Enthalpy exchange efficiency (%): 73,1

Sound level (dB): 37

**Outdoor air (OA)**

1 Dry bulb temperature (°C): -4

Relative humidity (%): 70

Absolute humidity (g/kg): 1,9

Enthalpy (kJ/kg): 0,7

External static pressure (Pa): 195

**Supply air (SA)**

3 Dry bulb temperature (°C): 15,5

Absolute humidity (g/kg): 6,1

Relative humidity (%): 56

Enthalpy (kJ/kg): 31,1

Total heat recovered (kW): 8,8

Outdoor air load (kW): 3,2

Outdoor air load ratio (%): 26

Real air volume (m<sup>3</sup>/h): 871

**Room air (RA)**

2 Dry bulb temperature (°C): 20

Relative humidity (%): 60

Absolute humidity (g/kg): 8,7

Enthalpy (kJ/kg): 42,3

**Lossnay**

Sensible heat exchanger: 15,5

Conventional ventilator: -4

1,9

18

20,4

4,9

5,7

4922,8

6,3

5457,8

52

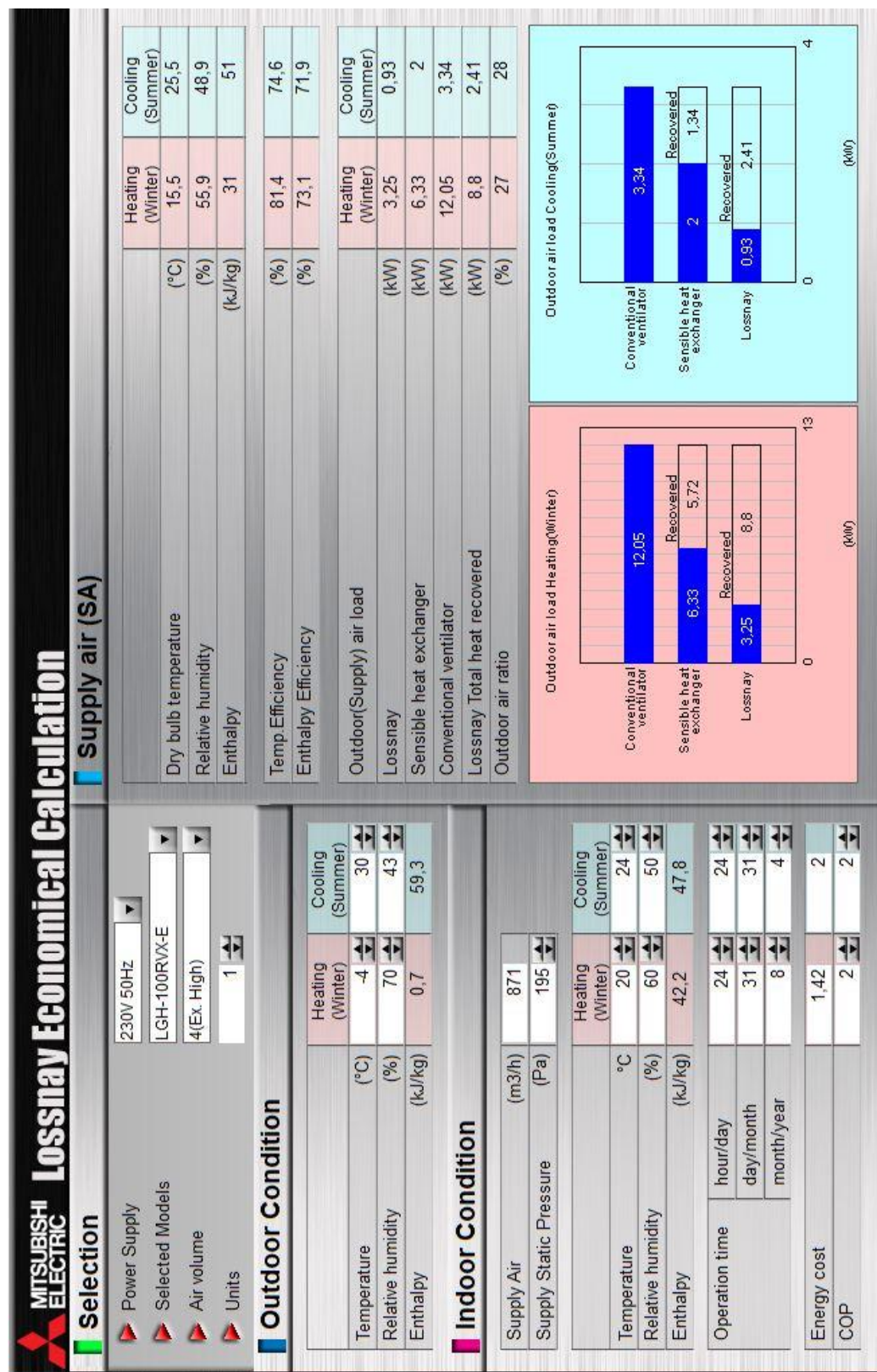
10380,6

100

-----

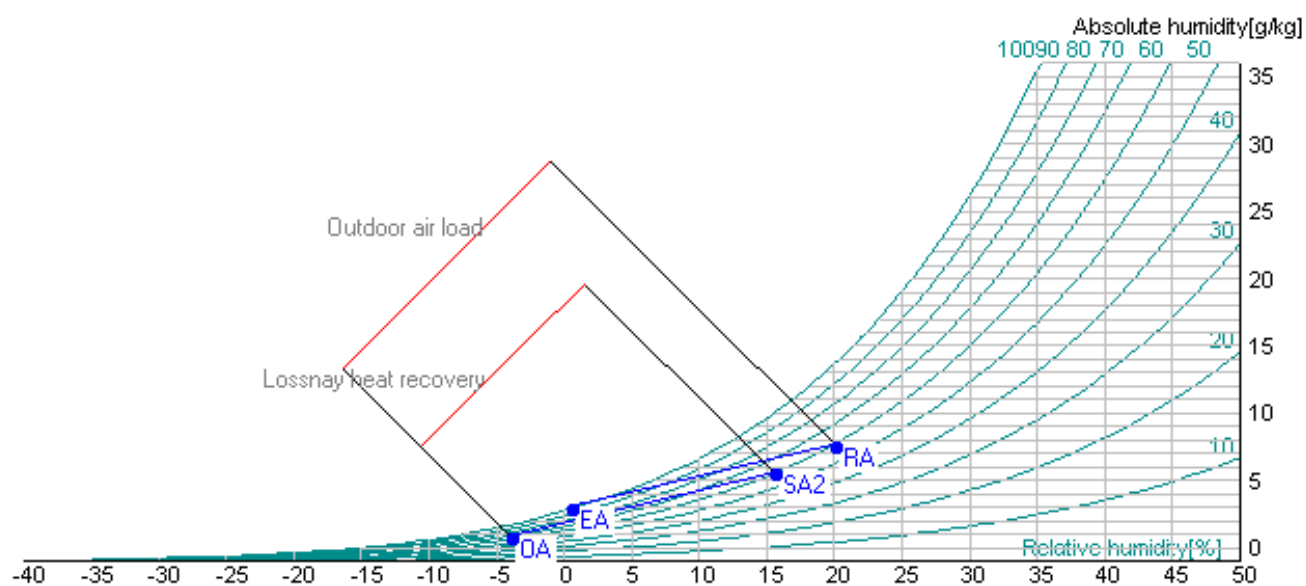
Real Air Volume is calculated without taking into consideration Heaters static pressure loss.

Obrázek 57 Výstup z programu Mitsubishi Lossnay Selection, při návrhu jednotky LGH – 100 RVX – E



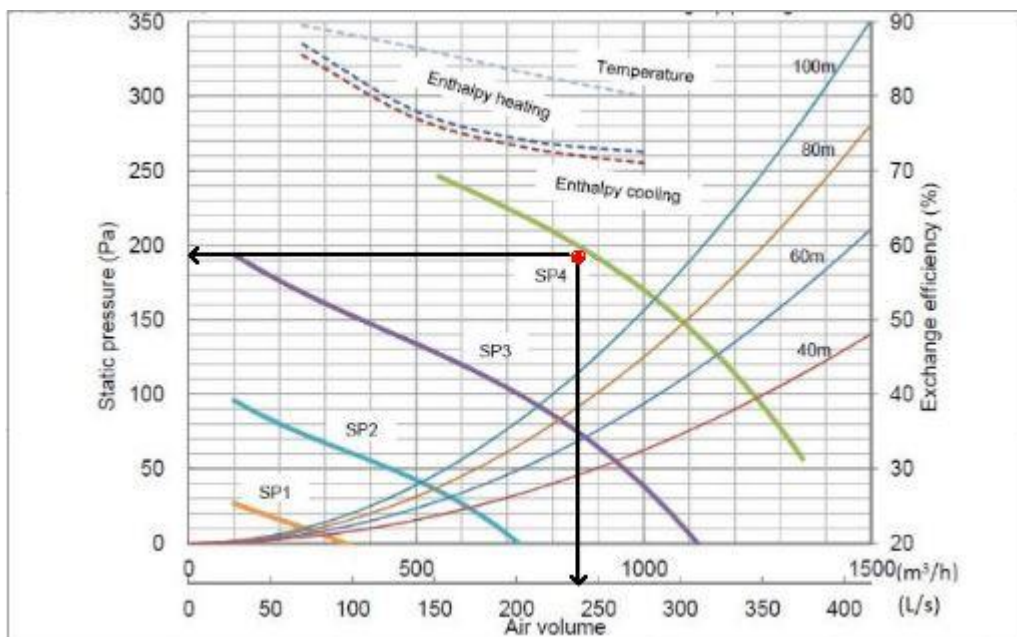
Obrázek 58 Výstup z programu Mitsubishi Lossnay Economical Calculation, při návrhu jednotky LGH – 100 RVX – E





Graf 3 HX diagram pro jednotku Mitsubishi Lossnay LGH – 100 RX5-E

Vstupní a výstupní údaje	
1.Venkovní vzduch (OA)	
Venkovní teplota [°C]	-4
Relativní vlhkost [%]	70
Měrná vlhkost [g/kg]	1,9
Entalpie [kJ/kg]	0,7
2.Vnitřní vzduch (RA)	
Vnitřní teplota [°C]	20
Relativní vlhkost [%]	60
Měrná vlhkost [g/kg]	8,7
Entalpie [kJ/kg]	42,3
3.Přívodní vzduch (SA)	
Návrhová teplota [°C]	15,5
Relativní vlhkost [%]	56
Měrná vlhkost [g/kg]	6,1
Entalpie [kJ/kg]	31,2



Graf 4 Pracovní bod ventilátoru jednotky LGH – 100 RVX-E

- Výsledné hodnoty

Výsledky	Léto	Zima
Teplotní účinnost	74,6 %	81,4 %
Vlhkostní účinnost	71,9 %	73,1 %
Celkový výkon ventilátoru	3,34 kW	12,1 kW

Další komponenty budou navrženy shodně s první variantou. Požární klapky nebude uvažovat vůbec, kvůli jednomu požárnímu úseku. I zde bude na sacím potrubí použit kruhový tlumič  $\varnothing 250$  mm, délky 600 mm a na výtlačku z jednotky bude použito tlumící ohebné potrubí. Pro eliminaci hluku na potrubí přivádějící vzduch do interiéru, je navržen kulisový tlumič hluku Lindab SLRS, o rozměrech 1 050 x 300 mm, se vzdáleností kulís  $s = 60$  mm. Na odvodu pak tlumič rozměrů 550 x 300 mm,  $s = 60$  mm.

## 2.6 Závěrečné shrnutí a porovnání variant

Rozdíl, který nás nejvíc zajímá, je cena. Zatímco u první varianty by se pořizovací cena za jednotku pohybovala okolo 200 tis., u varianty č. II by to bylo okolo 300 tis. Navíc tyto ceny uvažujeme bez nákladů na potrubí, k němu náležící komponenty, výústky, cenu za provoz apod.

Dalším kritériem jsou prostorové nároky. Při použití pouze jedné jednotky, nám stačí jedna strojovna pro umístění zařízení. Kdežto pro II. Variantu musely být zrušeny prostory vinného sklepa, abychom zde umístili jednotku pro větrání 1.PP, protože dvě jednotky by se do stávající strojovny nevlezly. Každá jednotka má své sání a výfuk. Společné potrubí totiž nepřicházelo v úvahu z důvodu dlouhých potrubních rozvodů, které by nebylo možné v domě umístit a

také z důvodu toho, že strojovna 8.S není umístěna celá pod terénem, jako strojovna 7.S. Naopak nám ale navržení dvou strojoven umožňuje kratší rozvody vnitřního potrubí.

Naopak plusem varianty č. II je pohodlné používání jednotek, kdykoli potřebujeme, bez ohledu na obsazenost prostorů. U varianty č. I je použití buď – anebo. S jistotou tedy nelze říct, která z variant je ta lepší. Záleží, co od dané varianty očekáváme a z jaké jsou naše požadavky na návrh.

## **2.7 Technická zpráva – I. varianta**

### **2.7.1 Úvod**

Předmětem této projektové dokumentace je vypracování vzduchotechnické jednotky pro rodinný dům.

### **2.7.2 Podklady pro zpracování**

Podkladem pro zpracování byly výkresy půdorysů a řezy stavebních částí projektu. Součástí podkladů jsou příslušné zákony a prováděcí vyhlášky, České technické normy a podklady výrobců vzduchotechnických zařízení:

- ČSN 73 0540 - Tepelná ochrana budov
- ČSN 013454 – Technické výkresy – Instalace – Vzduchotechnika, klimatizace
- ČSN EN 15251/2011 - Vstupní parametry vnitřního prostředí pro návrh a posouzení energetické náročnosti budov s ohledem na kvalitu vnitřního vzduchu, tepelného prostředí, osvětlení a akustiky
- Nařízení vlády č. 148/2006 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací
- Mandík – podklady výrobce
- Lindab – podklady výrobce
- Mitsubishi – podklady výrobce
- Refax – podklady výrobce

### **2.7.3 Výpočtové hodnoty klimatických poměrů**

- Místo: Hodonín
- Nadmořská výška: 162 m n. m.
- Normální tlak vzduchu: 99,3 kPa
- Výpočtová teplota vzduchu: léto: 30 °C, entalpie 59,1 kJ/kg, zima: -12 °C

## 2.7.4 Výpočtové hodnoty vnitřního prostředí

Jednotka zajišťuje větrání celého domu. V 1.PP je vzduch přetlakem přiváděn do společenské místnosti 1.S, odkud je též odváděn a zbylá část je odváděna v úklidové místnosti, vinném sklepe a technické místnosti. Přetlakem je vzduch přiváděn též do šatny 3.S a odváděn v koupelně 4.S a prádelně 5.S. Pouze ve fitness je navržený rovnotlaké větrání.

V 1. NP je vzduch distribuován v jídelně 1.02 a obývacím pokoji 1.01 a pracovně 1.07. Vzduch přivedený do jídelny, bude odsáván v kuchyni 1.03. V obývacím pokoji pak polovina průtoku pokryje potřeby pro tento prostor a dále bude proudit chodbou do koupelny 1.06 a druhá polovina bude přes schodiště dopravena do 2. NP a odsávána na toaletě 2.06 a v koupelně 2.04. Vzduch z pracovny 1.07 bude odváděn též v koupelně 1.06.

Ve 2. NP bude přívod situován v pokojích 2.01, 2.05 a 2.07. Odvod je pak navržen v šatně 2.03.

Místnost	Výsledná teplota [°C]		Relativní vlhkost [%]		Hladina akustického tlaku [dB/A]
	Zima	Léto	Zima	Léto	
Společenská místnost	20 °C	24 °C	60	50	40
Fitness	20 °C	24 °C	60	50	40
Šatna	20 °C	24 °C	60	50	40
Obývací pokoj	20 °C	24 °C	60	50	40
Pokoj	20 °C	24 °C	60	50	40

## 2.8 Základní koncepční řešení

Navržena je jedna VZT jednotka, která zajišťuje větrání pro celý dům. Princip větrání je takový, že objekt je rozdělen na 2. zóny. První zónou jsou prostory 1.PP, druhou pak 1.NP a 2.NP. Pomocí klapek, osazených na potrubí, je přepínáno mezi zónami dle aktuální potřeby. Klapky jsou ovládány kolébkovým vypínačem, který je osazen v obývacím pokoji 1.01. Jednotka bude umístěna v místnosti 8.S.

Na sací potrubí jednotky bude napojen zemní výměník, který zajistí vhodnou teplotu v zimním období. Součástí výměníku bude klapka, osazená na potrubí.

## 2.8.1 Hygienické větrání a klimatizace

Větrání bude navrženo následovně:

- Dávka vzduchu na osobu 25 m<sup>3</sup>/h
- Množství odsávaného vzduchu stanoveno dle ČSN EN 15665/Z1.  
Toalety – 50 m<sup>3</sup>/h  
Koupelny – 100 m<sup>3</sup>/h  
Kuchyně – 150 m<sup>3</sup>/h
- Přetlakové větrání je navrženo ve společenské místnosti, šatně, jídelně, obývacím pokoji, pracovně a všech ložnicích.
- Podtlakové větrání je navrženo v koupelnách, toaletě, v kuchyni, v šatně, v úklidové místnosti, vinném sklepe, technické místnosti a prádelně.
- Rovnotlaké větrání je navrženo pouze ve fitness.
- Filtrace vzduchu – u zařízení je navržen stupeň filtrace G4 na přívodu i odvodu.
- Vytápění zajišťuje ústřední topení.
- Chlazení není uvažováno.

## 2.8.2 Energetické zdroje

- Elektrická energie

Elektrická energie je potřebná pro pohon EC motorů VZT a regulačních klapek.

- Tepelná energie

Pro potřeby jednotky nebude potřeba.

## 2.8.3 Popis technického řešení

### 2.8.3.1 Koncepce větracího zařízení

Navržené vzduchotechnické zařízení bude zajišťovat nucené větrání rodinného domu. Dávky vzduchu jsou stanoveny dle požadavků normy z ČSN EN 15665/Z1. Jednotka je umístěna v technické místnosti situované v interiéru, v 1.PP. Potrubní rozvody jsou čtyřhranné, pouze sání a výfuk je kruhového průřezu. Kruhového potrubí bude také potrubí zemního výměníku. Trubním materiálem je oboustranně pozinkovaný plech. Potrubí, odvádějící vzduch z distribučních elementů, bude potrubí Sonoflex. Rozvody vedoucí od jednotek do exteriéru budou izolovány. Jako distribuční elementy, budou použity ve společenské místnosti anemostaty, díky jejich estetickému vzhledu. Z důvodu malého průtoku vzduchu v obytných částech, jsou navrženy výústky se štěrbinovým výtokem vzduchu. Jelikož má obývací pokoj otevřený strop, přívod vzduchu bude situován přes stěnové výústky. V prostorách, kde není kladen důraz na vzhled výústky, slouží k přívodu vzduchu talířové ventily. Pro odvod vzduchu jsou navrženy ve společenské místnosti rovněž anemostaty, v ostatních místnostech tuto funkci plní talířové ventily. V kuchyni budou osazeny mřížky do podhledu.

Sání vzduchu bude situováno na jihozápadní straně fasády, výfuk pak na severozápadní. Sání vzduchu do zemního výměníku bude umístěno vedle domu, na severozápadní straně.

### **2.8.3.2 Popis jednotky pro větrání domu.**

Je navržena jednotka Mitsubishi Lossnay LGH – 250 RVXT – E. Toto zařízení slouží k nucenému větrání celého objektu. Jedná se o kompaktní podstropní jednotku, která upravuje vzduch pro jeho následnou distribuci do pobytové zóny.

Na sací potrubí jednotky bude napojeno potrubí zemního výměníku. Výměník plní funkci předehřevu vzduchu, čímž chrání výměník proti degradaci v zimním období a snižuje potřebu energie na vytápění. Potrubí výměníku je kruhové a bude na něm osazena klapka, která umožní průtok vzduchu výměníkem při teplotách menších jak 5 °C a vyšších, jak 25 °C. Tato klapka bude spolu s teplotním čidlem umístěna i na sacím potrubí jednotky, které je též kruhového průřezu. Stejně tak výfuk a sání. Rozvody vzduchu z VZT jednotky jsou řešeny čtyřhranným potrubím. Potrubí je vedeno v podhledu. VZT jednotka je umístěna na podstavních nohách ve strojovně 8.S.

- Skladba VZT jednotky:

Přívod: Tlumicí vložka, filtr třídy G4, entalpický výměník ZZT s bypassem, EC ventilátor

Odvod: Filtr třídy G4, entalpický výměník ZZT s bypassem, ventilátor

## **2.9 Nároky na energie**

K zajištění chodu větracích zařízení je třeba zabezpečit následující zdroje energií, viz Tabulka zařízení.

### **2.10 Měření regulací**

Systém VZT bude řízen regulátorem a ovladačem. Řízena bude klapka obtoku a čidlo CO<sub>2</sub>, které je součástí jednotky. Klapky osazené na potrubí, budou řízeny kolébkovým vypínačem, umístěným v obývacím pokoji.

Klapky na sacím potrubí a potrubí zemního výměníku, budou mít vlastní řídicí jednotku a budou ovládány skrze teplotní čidlo, které je osazeno na sání.

#### **2.10.1 Nároky na související profese**

##### **2.10.1.1 Stavební úpravy**

- Vyspádování podlahy strojovny do podlahové vpusti
- Opatření této podlahy ochranným a nehořlavým nátěrem
- Zřízení prostupů pro VZT potrubí s alespoň o 50 mm větším rozměrem, než je jmenovitý rozměr potrubí a dostatečné utěsnění a izolace prostupů
- U místností s podtlakovým větráním zřízení větracích mřížek na předepsaných místech

### **2.10.1.2 Silnoproud**

Ochrana před zásahem elektrickým proudem – nutnost uzemnění zařízení.

### **2.10.1.3 Vytápění a chlazení**

Není řešeno

### **2.10.1.4 Zdravotní technika**

V jednotce je osazen entalpický výměník, přenášející vlhkost, tudíž nebude potřeba odvod kondenzátu.

### **2.10.1.5 Protihluková a protiotřesová opatření**

- Do rozvodných tras potrubí budou uloženy tlumiče hluku, aby bylo zabráněno nadměrnému šíření hluku.
- Všechny VZT jednotky budou uloženy pružně.
- Elementy napojené na VZT jednotky, budou připojeny přes tlumící vložky.
- Prostupy potrubí konstrukcemi budou izolovány.

### **2.10.2 Izolace a nátěry**

Na izolaci potrubí směřujícího ze strojovny do exteriéru, budou použity lamelové skružované pásy Knauf LMH Alur, tl. 50 mm.

### **2.10.3 Protipožární opatření**

Dům je uvažován jako jeden požární úsek, tudíž nebudou osazeny požární klapky.

### **2.10.4 Montáž, provoz, údržba a obsluha zařízení**

Montáž všech zařízení bude provedena odbornou firmou. Před uvedením jednotek do provozu je nutné provést kontrolu a zregulování jednotlivých prvků. Jednotky musí být pravidelně kontrolovány a čištěny, dle pokynů výrobce. Uživatelé používající zařízení musí být odborně proškoleni.

### **2.10.5 Závěr**

Navržená větrací zařízení splňují požadavky na komfortní mikroklima a hospodárný provoz.



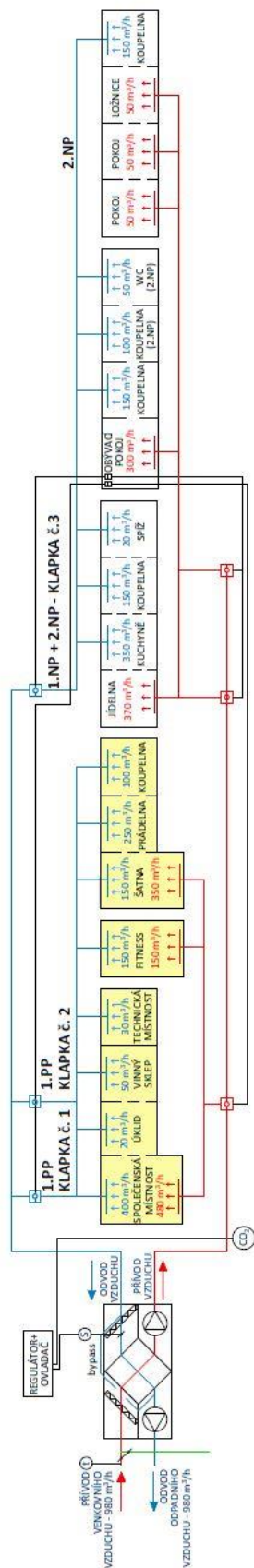
Navržené průtoky v 1.PP

Č.	Název místnosti	Plocha [m <sup>2</sup> ]	Objem [m <sup>3</sup> ]	Požadované průtoky vzduchu [m <sup>3</sup> /h]	Požadované dávký vzduchu [x/h]	Počet prvků	Celkový průtok vzduchu [m <sup>3</sup> /h]	přívod [m <sup>3</sup> /h]	Odvod [m <sup>3</sup> /h]	Výměna vzduchu [x/h]
1.	Společenská m.	46,88	121,9	25/osoba	-	16	400	480	400	3,3
2.	Šatna	6,44	16,7	-	-	1	100	350	0	6,0
3.	Koupelna	4,22	11,0	25/umývadlo 25/WC 50/sprcha	-	3	100	0	100	9,1
4.	Fitness	17,45	45,4	-	3x/h	-	136	150	150	3,3
5.	Kotelna+prádelna	21,03	54,7	-	-	-	164	0	250	4,6
6.	Strojovna	5,47	14,2	-	2x/h	-	28	0	30	0,0
7.	Vinný sklep	3,6	9,4	-	3x/h	-	28	0	30	3,2
8.	Komora	1,4	3,6	-	2x/h	-	7	0	20	5,5
								εQ	980	m <sup>3</sup> /h

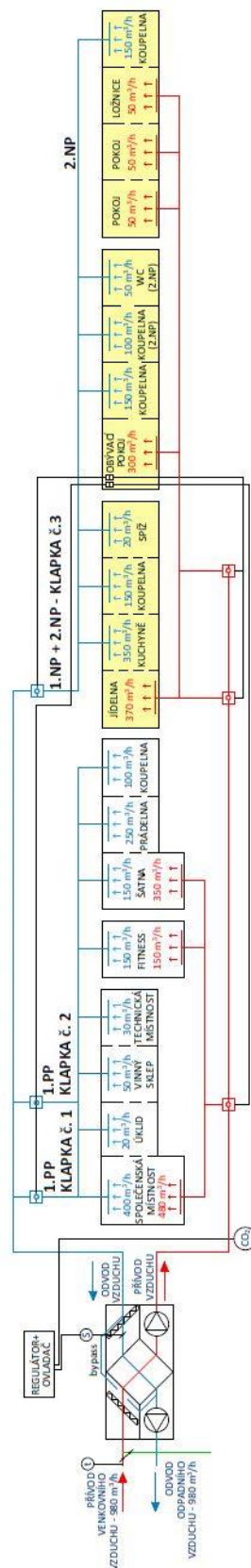
Č.m	Podlaží	Název místnosti	Plocha [m <sup>2</sup> ]	Objem [m <sup>3</sup> ]	Požadované průtoky [m <sup>3</sup> /h]	Požadované dávký [x/h]	Počet prvků [ks]	Celkový průtok [m <sup>3</sup> /h]	Přívod [m <sup>3</sup> /h]	Odvod [m <sup>3</sup> /h]	Výměna vzduchu [x/h]
1.	1.NP	Pokoj	13,73	36,4	25/osoba	-	2	50	50	0	1,4
2.		Koupelna	6,68	17,7		-	1	200	0	200	11,3
3.		Obývací pokoj	9,79	55,3	25/osoba	-	4	120	300	0	5,4
4.		Jídelna	16,15	42,8	25/osoba	-	4	120	370	0	8,6
5.		Kuchyně	16,57	43,9	-	10x/h	-	200	0	350	8,0
6.		Spíž	1,72	4,6	-	2x/h	-	9	0	20	4,4
1.	2.NP	Ložnice	21,03	55,7	25/osoba	-	2	50	50	0	0,9
2.		WC	1,69	4,5	25/wc	-	2	50	0	50	11,2
3.					25/umyvadlo	-					
4.		Koupelna	9,79	25,9	50/vana	-	2	100	0	100	3,9
5.					50/sprcha						
6.		Šatna	9,71	25,7	-	2x/h		30	0	150	5,8
7.		Pracovna	20,58	54,5	25/osoba		2	50	50	0	0,9
8.		Pokoj	22,69	60,1	25/osoba	-	2	50	50	0	0,8
								εQ	870	870	m <sup>3</sup> /h

Navržené průtoky v 1.NP a 2.NP

### SCHÉMA ZAPOJENÍ I. VARIANTY - ZÓNA I.



### SCHÉMA ZAPOJENÍ I. VARIANTY - ZÓNA II.



Obrázek 59 Regulační schéma I. varianty (větší měřítko viz přílohy) (53)

OZN.	VÝROBCE	POPIS	m.j	mn.
1.01	MITSUBISCHI	Rekuperační jednotka Mitsubischi Lossnay LGH - 250 RVXT-E	ks	1
1.02	REFAX	Sání venkovního vzduchu, kruhová žaluzie Refax ø 250 mm	ks	1
1.03	REFAX	Výfuk odpadního vzduchu, kruhová žaluzie Refax ø 250 mm	ks	1
1.04	LINDAB	Kulisový tlumič hluku Tune -S, l=1 050mm; s=100 mm; 700x300 mm	ks	1
1.05	LINDAB	Kulisový tlumič hluku Tune -S, l= 550 mm; s=60 mm; 700x300 mm	ks	1
1.06	MANDÍK	Regulační klapka RKTМ, 500x250, opatřena servopohonem NM 230-A-S, se signalizací polohy	ks	1
1.07	MANDÍK	Regulační klapka RKTМ, 250x250, opatřena servopohonem NM 230-A-S, se signalizací polohy	ks	2
1.08	MANDÍK	Regulační klapka RKTМ, 200x250, opatřena servopohonem NM 230-A-S, se signalizací polohy	ks	2
1.09	MANDÍK	Regulační klapka RKTМ, 315x250, opatřena servopohonem NM 230-A-S, se signalizací polohy	ks	1
1.10	MANDÍK	Regulační klapka RKKM, ø 250, opatřena servopohonem NM 230-A-S, se signalizací polohy	ks	2
1.11	MANDÍK	Vířivý anemostat přívodní, 400x400	ks	3
1.12	MANDÍK	Talířový ventil TVMP přívodní, ø 160	ks	2
1.13	MANDÍK	Talířový ventil TVMP přívodní, ø 100	ks	2
1.14	MANDÍK	Stěnová vyústka SVM; 280x100	ks	2
1.15	MANDÍK	Vyústka se štěrbinovým výtokem vzduchu VSV 1200x100	ks	3
1.16	MANDÍK	Vyústka se štěrbinovým výtokem vzduchu VSV 600x100	ks	4
1.17	MANDÍK	Vířivý anemostat odvodní, 400x400	ks	2
1.18	MANDÍK	Talířový ventil TVOM odvodní, ø 160	ks	1
1.19	MANDÍK	Talířový ventil TVOM odvodní, ø 125	ks	3
1.20	MANDÍK	Talířový ventil TVOM odvodní, ø 100	ks	2
1.21	MANDÍK	Talířový ventil TVOM odvodní, ø 80	ks	6
1.22	MANDÍK	Stěnová vyústka SVM; 300x125	ks	2
1.23	MANDÍK	Stěnová mřížka SMM 12,5; 200x300	ks	2
1.24	MANDÍK	Stěnová mřížka SMM 12,5; 200x225	ks	2
1.25	MANDÍK	Stěnová mřížka SMM 12,5; 200x200	ks	2
1.26	MANDÍK	Stěnová mřížka SMM 12,5; 200x125	ks	2
1.27	MANDÍK	Stěnová mřížka SMM 12,5; 200x75	ks	10
1.28	MANDÍK	Stěnová mřížka SMM 12,5; 200x50	ks	4
1.29	MANDÍK	Tlumič hluku SMR, absorpčního typu, kruhový, 600/250	ks	4
1.30	LINDAB	Klapka s el. Motorem pro zap/vyp. Přepínání polohy, ø 250	ks	2

Tabulka zařízení

## **2.11 Technická zpráva – II. varianta**

### **2.11.1 Úvod**

Předmětem této projektové dokumentace je vypracování dvou vzduchotechnických jednotky pro rodinný dům.

### **2.11.2 Podklady pro zpracování**

Podkladem pro zpracování byly výkresy půdorysů a řezy stavebních částí projektu. Součástí podkladů jsou příslušné zákony a prováděcí vyhlášky, České technické normy a podklady výrobců vzduchotechnických zařízení:

- ČSN 73 0540 - Tepelná ochrana budov
- ČSN 013454 – Technické výkresy – Instalace – Vzduchotechnika, klimatizace
- ČSN EN 15251/2011 - Vstupní parametry vnitřního prostředí pro návrh a posouzení energetické náročnosti budov s ohledem na kvalitu vnitřního vzduchu, tepelného prostředí, osvětlení a akustiky
- Nařízení vlády č. 148/2006 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací
- Mandík – podklady výrobce
- Lindab – podklady výrobce
- Mitsubishi – podklady výrobce
- Refax – podklady výrobce

### **2.11.3 Výpočtové hodnoty klimatických poměrů**

- Místo: Hodonín
- Nadmořská výška: 162 m n. m.
- Normální tlak vzduchu: 99,3 kPa
- Výpočtová teplota vzduchu: léto: 30 °C, entalpie 59,1 kJ/kg, zima: -12 °C

### **2.11.4 Výpočtové hodnoty vnitřního prostředí**

Jednotka č. 1 zajišťuje větrání 1.PP. Vzduch je zde přetlakem přiváděn do společenské místnosti 1.S, odkud je též odváděn a zbylá část je odváděna v úklidové místnosti, vinném sklepe a technické místnosti. Přetlakem je vzduch přiváděn též do šatny 3.S a odváděn v koupelně 4.S a prádelně 5.S. Pouze ve fitness je navržený rovnotlaké větrání.

Pobytové prostory domu obsluhuje jednotka č. 2. V 1. NP je vzduch distribuován v jídelně 1.02 a obývacím pokoji 1.01 a pracovně 1.07. Vzduch přivedený do jídelny, bude odsáván v kuchyni 1.03. V obývacím pokoji pak polovina průtoku pokryje potřeby pro tento prostor a dále bude proudit chodbou do koupelny 1.06 a druhá polovina bude přes schodiště dopravena do

2. NP a odsávána na toaletě 2.06 a v koupelně 2.04. Vzduch z pracovny 1.07 bude odváděn též v koupelně 1.06.

Ve 2. NP bude přívod situován v pokojích 2.01, 2.05 a 2.07. Odvod je pak navržen v šatně 2.03.

Místnost	Výsledná teplota [°C]		Relativní vlhkost [%]		Hladina akustického tlaku [dB/A]
	Zima	Léto	Zima	Léto	
Společenská místnost	20 °C	24 °C	60	50	40
Fitness	20 °C	24 °C	60	50	40
Šatna	20 °C	24 °C	60	50	40
Obývací pokoj	20 °C	24 °C	60	50	40
Pokoj	20 °C	24 °C	60	50	40

## 2.12 Základní koncepční řešení

Navrženy jsou dvě VZT jednotky, zajišťující větrání domu. Jednotka č. 1 bude obsluhovat prostory 1.PP. Tato jednotka bude umístěna ve strojovně 7.S. Pro obytnou část domu – 1.NP a 2.NP je navržena jednotka č.2. Jednotka bude umístěna v místnosti 8.S.

Na sací potrubí jednotky bude napojen zemní výměník, který zajistí vhodnou teplotu vzduchu jak v zimním období, tak letním období. Součástí výměníku bude klapka, osazená na potrubí.

### 2.12.1 Hygienické větrání a klimatizace

Větrání bude navrženo následovně:

- Dávka vzduchu na osobu 25 m<sup>3</sup>/h
- Množství odsávaného vzduchu stanoveno dle ČSN EN 15665/Z1.  
Toalety – 50 m<sup>3</sup>/h  
Koupelny – 100 m<sup>3</sup>/h  
Kuchyně – 150 m<sup>3</sup>/h
- Přetlakové větrání je navrženo ve společenské místnosti, šatně, jídelně, obývacím pokoji, pracovně a všech ložnicích.
- Podtlakové větrání je navrženo v koupelnách, toaletě, v kuchyni, v šatně, v úklidové místnosti, vinném sklepe, technické místnosti a prádelně.
- Rovnotlaké větrání je navrženo pouze ve fitness.

- Filtrace vzduchu – u zařízení je navržen stupeň filtrace G4 na přívodu i odvodu.
- Vytápění zajišťuje ústřední topení.
- Chlazení není uvažováno.

## **2.12.2 Energetické zdroje**

- Elektrická energie

Elektrická energie je potřebná pro pohon EC motorů VZT a regulačních klappek.

- Tepelná energie

Pro potřeby jednotky nebude potřeba.

## **2.12.3 Popis technického řešení**

### **2.12.3.1 Koncepce větracího zařízení**

Navržené vzduchotechnické zařízení bude zajišťovat nucené větrání rodinného domu. Dávky vzduchu jsou stanoveny dle požadavků normy z ČSN EN 15665/Z1. Jednotky jsou umístěny v technické místnosti situované v interiéru – 7.S a 8.S. Potrubní rozvody jsou čtyřhranné, pouze sání a výfuk je kruhového průřezu. Kruhového potrubí bude také potrubí zemního výměníku. Trubním materiálem je oboustranně pozinkovaný plech. Potrubí, odvádějící vzduch z distribučních elementů, bude potrubí Sonoflex. Rozvody vedoucí od jednotek do exteriéru budou izolovány. Jako distribuční elementy, budou použity ve společenské místnosti anemostaty, díky jejich estetickému vzhledu. Z důvodu malého průtoku vzduchu v obytných částech, jsou navrženy výústky se šterbinovým výtokem vzduchu. Jelikož má obývací pokoj otevřený strop, přívod vzduchu bude situován přes stěnové výústky. V prostorách, kde není kladen důraz na vzhled výústky, slouží k přívodu vzduchu talířové ventily. Pro odvod vzduchu jsou navrženy ve společenské místnosti rovněž anemostaty, v ostatních místnostech tuto funkci plní talířové ventily. V kuchyni budou osazeny mřížky do podhledu.

Sání vzduchu jednotky č. 1, bude situováno na severovýchodní fasádě, jednotky č. 2 na fasádě jihozápadní. Výfuky obou jednotek budou umístěny na severozápadní straně fasády. Sání vzduchu do zemního výměníku bude umístěno vedle domu, na jihovýchodní straně.

- Zařízení č. 1 – větrání 1.PP

Zařízením č. 1 je jednotka Mitsubishi Lossnay LGH – 250 RVXT – E. Toto zařízení slouží k nucenému větrání suterénu. Jedná se o kompaktní podstropní jednotku, která upravuje vzduch pro jeho následnou distribuci do obytné zóny.

Na sací potrubí jednotky bude napojeno potrubí zemního výměníku. Výměník plní funkci předehřevu vzduchu, čímž chrání výměník proti degradaci v zimním období a snižuje potřebu energie na vytápění. Potrubí výměníku je kruhové. Kruhový průřez má i výfuk a sání jednotky.



Rozvody vzduchu z VZT jednotky jsou řešeny čtyřhranným potrubím. Potrubí je vedeno v podhledu. VZT jednotka je zavěšena pomocí ocelových tyčí na stropě, v místnosti 7.S.

Skladba VZT jednotky:

Přívod: Tlumící vložka, filtr třídy G4, entalpický výměník ZZT s bypassem, EC ventilátor

Odvod: Filtr třídy G4, entalpický výměník ZZT s bypassem, ventilátor

- Zařízení č. 2 – větrání 1.NP a 2.NP

Zařízením č. 2 je jednotka Mitsubishi Lossnay LGH – 100 RVXT – E. Toto zařízení slouží k nucenému větrání pobytové části domu. Jedná se o kompaktní podstropní jednotku, která upravuje vzduch pro jeho následnou distribuci do pobytové zóny.

Na sací potrubí jednotky bude napojeno potrubí zemního výměníku. Výměník plní funkci předeřevu vzduchu, čímž chrání výměník proti degradaci v zimním období a snižuje potřebu energie na vytápění. Potrubí výměníku je kruhové a bude na něm osazena klapka, která umožní průtok vzduchu výměníkem při teplotách menších jak 5 °C a vyšších, jak 25 °C. Tato klapka bude spolu s teplotním čidlem umístěna i na sacím potrubí jednotky, které je též kruhového průřezu. Rozvody vzduchu z VZT jednotky jsou řešeny čtyřhranným potrubím. Potrubí je vedeno v podhledu. Stoupací potrubí je vedeno buď v šachtě anebo v neobývaných místnostech – garáži a šatně. VZT jednotka je uložena na podstavci, v místnosti 8.S.

Skladba VZT jednotky:

Přívod: Tlumící vložka, filtr třídy G4, entalpický výměník ZZT s bypassem, EC ventilátor

Odvod: Filtr třídy G4, entalpický výměník ZZT s bypassem, ventilátor

## 2.13 Nároky na energie

K zajištění chodu větracích zařízení je třeba zabezpečit následující zdroje energií, viz Tabulka zařízení.

## 2.14 Měření regulací

Systém VZT bude řízen regulátorem a ovladačem. Řízena bude klapka obtoku a čidlo CO<sub>2</sub>, které je součástí jednotky. Klapky na sacím potrubí a potrubí zemního výměníku, budou mít vlastní řídicí jednotku a budou ovládány skrze teplotní čidlo, které je osazeno na sání.

### 2.14.1 Nároky na související profese

#### 2.14.1.1 Stavební úpravy

- Vyspádování podlahy strojovny do podlahové vpusti
- Opatření této podlahy ochranným a nehořlavým nátěrem

- Zřízení prostupů pro VZT potrubí s alespoň o 50 mm větším rozměrem, než je jmenovitý rozměr potrubí a dostatečné utěsnění a izolace prostupů
- U místností s podtlakovým větráním zřízení větracích mřížek na předepsaných místech

#### **2.14.1.2 Silnoproud**

Ochrana před zásahem elektrickým proudem – nutnost uzemnění zařízení.

#### **2.14.1.3 Vytápění a chlazení**

Není řešeno

#### **2.14.1.4 Zdravotní technika**

V jednotce je osazen entalpický výměník, přenášející vlhkost, tudíž nebude potřeba odvod kondenzátu.

#### **2.14.1.5 Protihluková a protiotřesová opatření**

- Do rozvodných tras potrubí budou uloženy tlumiče hluku, aby bylo zabráněno nadměrnému šíření hluku.
- Všechny VZT jednotky budou uloženy pružně.
- Elementy napojené na VZT jednotky, budou připojeny přes tlumící vložky.
- Prostupy potrubí konstrukcemi budou izolovány.

#### **2.14.2 Izolace a nátěry**

Na izolaci potrubí směřujícího ze strojovny do exteriéru, budou použity lamelové skružované pásy Knauf LMH Alur, tl. 50 mm.

#### **2.14.3 Protipožární opatření**

Dům je uvažován jako jeden požární úsek, tudíž nebudou osazeny požární klapky.

#### **2.14.4 Montáž, provoz, údržba a obsluha zařízení**

Montáž všech zařízení bude provedena odbornou firmou. Před uvedením jednotek do provozu je nutné provést kontrolu a zregulování jednotlivých prvků. Jednotky musí být pravidelně kontrolovány a čištěny, dle pokynů výrobce. Uživatelé používající zařízení musí být odborně proškoleni.

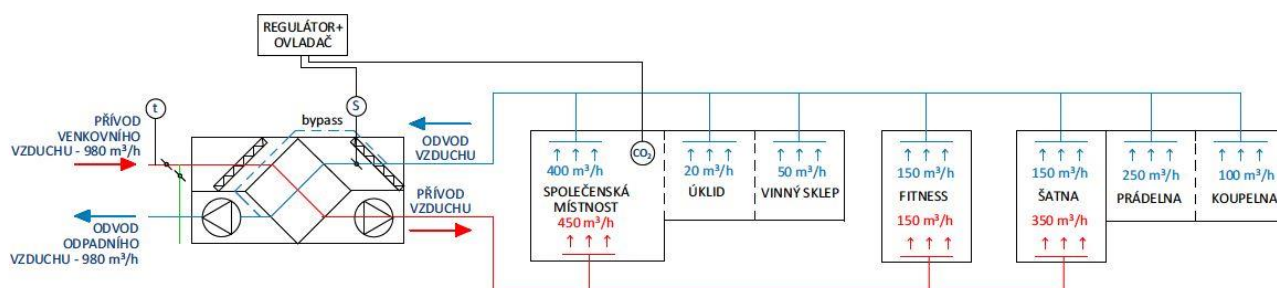
Navržené průtoky vzduchu v 1.PP

Č.	Název místnosti	Plocha [m <sup>2</sup> ]	Objem [m <sup>3</sup> ]	Požadované průtoky vzduchu [m <sup>3</sup> /h]	Požadované dávky vzduchu [x/h]	Počet prvků	Cellkový průtok vzduchu [m <sup>3</sup> /h]	přívod [m <sup>3</sup> /h]	Odvod [m <sup>3</sup> /h]	Výměna vzduchu [x/h]
1.	Společenská m.	46,88	121,9	25/osoba	-	16	400	480	400	3,3
2.	Šatna	6,44	16,7	-	-	1	100	350	0	6,0
3.	Koupelna	4,22	11,0	25/umývadlo 25/WC 50/sprcha	-	3	100	0	100	9,1
4.	Fitness	17,45	45,4	-	3x/h	-	136	150	150	3,3
5.	Kotelna+prádelna	21,03	54,7	-	-	-	164	0	250	4,6
6.	Strojovna	5,47	14,2	-	2x/h	-	28	0	30	0,0
7.	Vinný sklep	3,6	9,4	-	3x/h	-	28	0	30	3,2
8.	Komora	1,4	3,6	-	2x/h	-	7	0	20	5,5
							εQ	980	980	m <sup>3</sup> /h

Navržené průtoky vzduchu v 1.NP a 2.NP

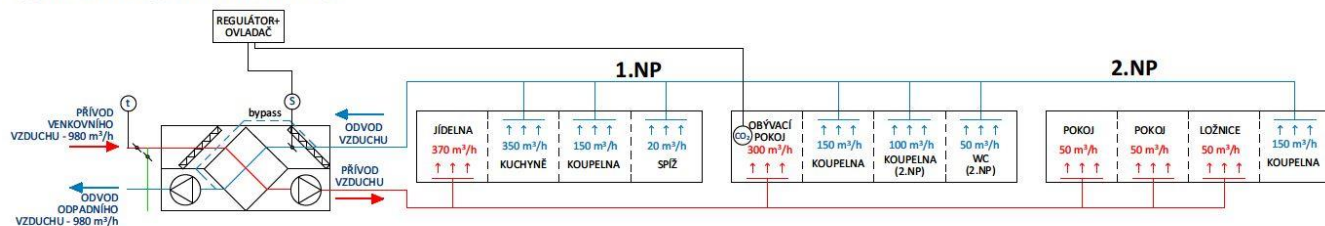
Č.m	Podlaží	Název místnosti	Plocha [m <sup>2</sup> ]	Objem [m <sup>3</sup> ]	Požadované průtoky [m <sup>3</sup> /h]	Požadované dávký [x/h]	Počet prvků [ks]	Celkový průtok [m <sup>3</sup> /h]	přívod [m <sup>3</sup> /h]	Odvod [m <sup>3</sup> /h]	Výměna vzduchu [x/h]
1.	1.NP	Pokoj	13,73	36,4	25/osoba	-	2	50	50	0	1,4
2.		Koupelna	6,68	17,7		-	1	200	0	200	11,3
3.		Obývací pokoj	9,79	55,3	25/osoba	-	4	120	300	0	5,4
4.		Jídelna	16,15	42,8	25/osoba	-	4	120	370	0	8,6
5.		Kuchyně	16,57	43,9	-	10x/h	-	200	0	350	8,0
6.		Spíž	1,72	4,6	-	2x/h	-	9	0	20	4,4
1.	2.NP	Ložnice	21,03	55,7	25/osoba	-	2	50	50	0	0,9
2.		WC	1,69	4,5	25/wc	-	2	50	0	50	11,2
3.					25/umyvadlo						
4.		Koupelna	9,79	25,9	50/vana	-	2	100	0	100	3,9
5.					50/sprcha						
6.		Šatna	9,71	25,7	-	2x/h		30	0	150	5,8
7.		Pracovna	20,58	54,5	25/osoba	-	2	50	50	0	0,9
8.		Pokoj	22,69	60,1	25/osoba	-	2	50	50	0	0,8
								Σ	870	870	m <sup>3</sup> /h

## SCHÉMA ZAPOJENÍ VARIANTY II.A



Obrázek 60 Schéma zapojení varianty II. A (viz přílohy)

## SCHÉMA ZAPOJENÍ VARIANTY II.B



Obrázek 61 Schéma zapojení varianty II.B (viz přílohy)

Tabulka zařízení pro jednotku č.1

OZN.	VÝROBCE	POPIS	m.j	mn.
1.01	MITSUBISCHI	Rekuperační jednotka Mitsubischi Lossnay LGH - 100 RVX-E	ks	1
1.02	REFAX	Sání venkovního vzduchu, kruhová žaluzie Refax ø 250 mm	ks	1
1.03	REFAX	Výfuk odpadního vzduchu, kruhová žaluzie Refax ø 250 mm	ks	1
1.04	LINDAB	Kulisový tlumič hluku Tune -S, l=1 050mm; s=100 mm; 700x300 mm	ks	1
1.05	LINDAB	Kulisový tlumič hluku Tune -S, l= 550 mm; s=60 mm; 700x300 mm	ks	1
1.06	MANDÍK	Regulační klapka RKKM, ø 250, opatřena servopohonem NM 230-A-S, se signalizací polohy	ks	2
1.07	MANDÍK	Vířivý anemostat přívodní, 400x400	ks	3
1.08	MANDÍK	Talířový ventil TVMP přívodní, ø 160	ks	2
1.09	MANDÍK	Talířový ventil TVMP přívodní, ø 100	ks	2
1.10	MANDÍK	Vířivý anemostat odvodní, 400x400	ks	2
1.11	MANDÍK	Talířový ventil TVOM odvodní, ø 125	ks	3
1.12	MANDÍK	Talířový ventil TVOM odvodní, ø 100	ks	2
1.13	MANDÍK	Talířový ventil TVOM odvodní, ø 80	ks	2
1.14	MANDÍK	Stěnová mřížka SMM 12,5; 200x200	ks	2
1.15	MANDÍK	Stěnová mřížka SMM 12,5; 200x125	ks	2
1.16	MANDÍK	Stěnová mřížka SMM 12,5; 200x50	ks	4
1.29	MANDÍK	Tlumič hluku SMR, absorpčního typu, kruhový, 600/250	ks	4
1.30	LINDAB	Klapka s el. Motorem pro zap/vyp. Přepínání polohy, ø 250	ks	2

Tabulka zařízení pro jednotku č. 2

OZN.	VÝROBCE	POPIS	m.j	mn.
2.01	MITSUBISCHI	Rekuperační jednotka Mitsubischi Lossnay LGH - 250 RVXT-E	ks	1
2.02	REFAX	Sání venkovního vzduchu, kruhová žaluzie Refax ø 250 mm	ks	1
2.03	REFAX	Výfuk odpadního vzduchu, kruhová žaluzie Refax ø 250 mm	ks	1
2.04	LINDAB	Kulisový tlumič hluku Tune -S, l=1 050mm; s=100 mm; 700x300 mm	ks	1
2.05	LINDAB	Kulisový tlumič hluku Tune -S, l= 550 mm; s=60 mm; 700x300 mm	ks	1
2.06	MANDÍK	Stěnová vyústka SVM; 280x100	ks	2
2.07	MANDÍK	Vyústka se štěrbinovým výtokem vzduchu VSV 1200x100	ks	3
2.08	MANDÍK	Vyústka se štěrbinovým výtokem vzduchu VSV 600x100	ks	4
2.09	MANDÍK	Talířový ventil TVOM odvodní, ø 160	ks	1
2.10	MANDÍK	Talířový ventil TVOM odvodní, ø 125	ks	2
2.11	MANDÍK	Talířový ventil TVOM odvodní, ø 80	ks	4
2.12	MANDÍK	Stěnová vyústka SVM; 300x125	ks	2
2.13	MANDÍK	Stěnová mřížka SMM 12,5; 200x225	ks	2
2.14	MANDÍK	Stěnová mřížka SMM 12,5; 200x200	ks	2
2.15	MANDÍK	Stěnová mřížka SMM 12,5; 200x125	ks	2
2.16	MANDÍK	Stěnová mřížka SMM 12,5; 200x75	ks	8
2.17	MANDÍK	Tlumič hluku SMR, absorpčního typu, kruhový, 600/250	ks	4
2.18	LINDAB	Klapka s el. Motorem pro zap/vyp. Přepínání polohy, ø 250	ks	2



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA STAVEBNÍ**

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

**ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV**

INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

## **3 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

DIPLOMA THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

Bc. Eliška Grmolcová

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

Ing. OLGA RUBINOVÁ, Ph.D.

**BRNO 2018**



## 3.1 ÚVOD

V teoretické části mé diplomové práce, jsem se zabývala systémy zpětného získávání tepla. Proto i experimentální část se věnuje tomuto tématu. Mým úkolem bylo porovnat dva systémy ZZT, určených pro menší provozy, např. rodinné domy. Experiment byl proveden v laboratoři TZB E520, kde jsou k dispozici tyto jednotky – podstropní jednotka Mitsubishi Lossnay a vertikální Systemair Villavent VX. Obě jednotky mají společný přívod vzduchu. Sání vzduchu je provedeno přes žaluzii na jihovýchodní straně fasády a dále obdélníkovým potrubím. Odvod vzduchu má každá jednotka zvlášť. Do jednotek je zapojeno flexi potrubí.

## 3.2 Porovnání technického vybavení

### 3.2.1 Mitsubishi Lossnay



Obrázek 62 Jednotka Mitsubishi Lossnay

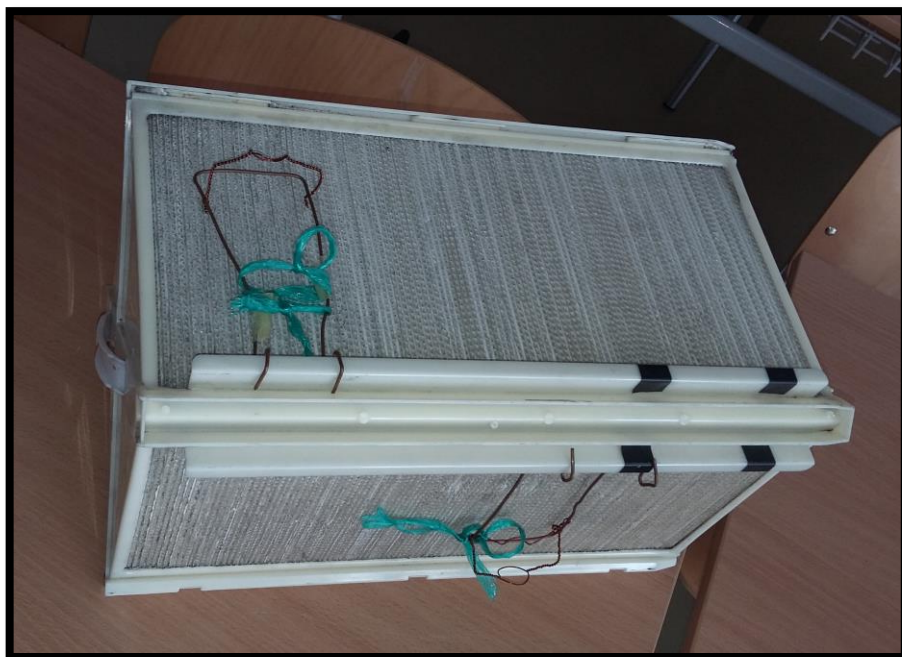
Tato jednotka od společnosti Mitsubishi Electric pracuje s velmi výkonným systémem zpětného získávání tepla. Je vhodná zejména pro budovy s masivním obvodovým pláštěm, kde není jiná možnost větrání. Jednotka je navržena jako samostatná kompaktní. Vnější plášť je zhotoven z pozinkovaného plechu a opatřen 30 mm tepelnou izolací. Pro přívod čerstvého vzduchu a odvod vzduchu znehodnoceného, jsou k dispozici dva radiální ventilátory s AC motory. Hlavním prvkem vzduchotechnické jednotky, je křížový entalpický výměník, jehož teplosměnná plocha je tvořena z upraveného nasáklavého papíru Core, o tloušťce 25  $\mu\text{m}$ . Ten umožňuje výměnu jak citelného, tak vázaného tepla a vlhkosti. Protože je vlhkost přenášena a nekondenzuje, není potřeba kondenzátní vany, pro odvod kapaliny. Jednotka je standardně vybavena filtry třídy G3 na přívodu a odvodu. Pro snadné čištění a kontrolu všech prvků, jsou z boční strany osazena snímatelná dvířka. [1]



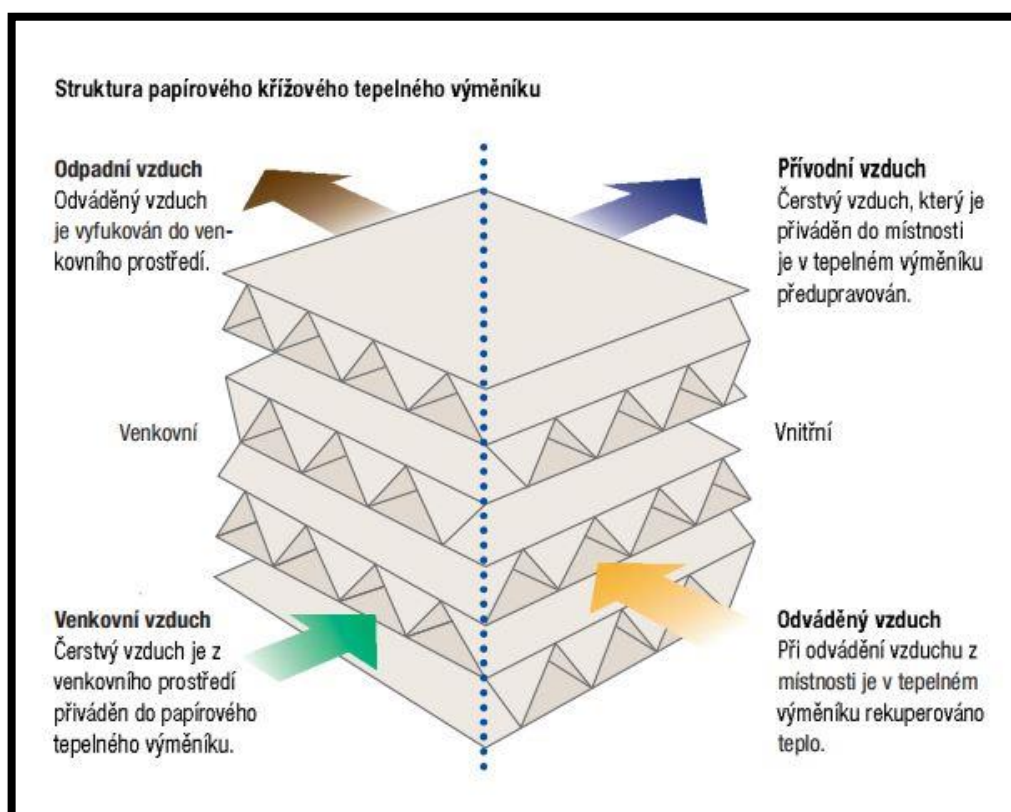
Obrázek 63 Vnitřní prostor jednotky, konkrétně entalpický výměník a filtry



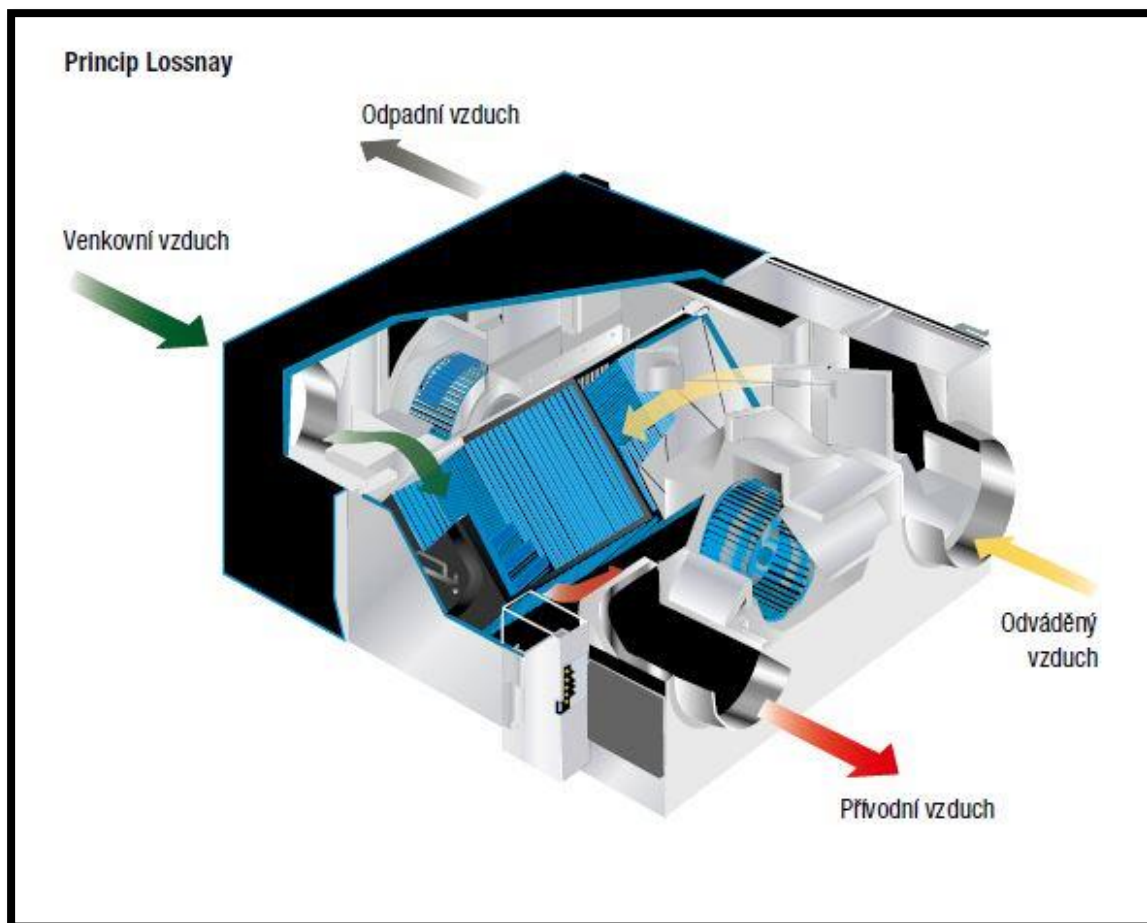
Obrázek 64 Rámečkový filtr jednotky Lossnay, který byl v rámci experimentu vyluxován. Pro porovnání – levá strana je již vyčištěna, pravá strana stále znečištěna prachem a nečistotami.



Obrázek 65 Entalpický výměník jednotky Lossnay, z upraveného nasákavého papíru Core. Drátěné konstrukce slouží k upevnění čidel



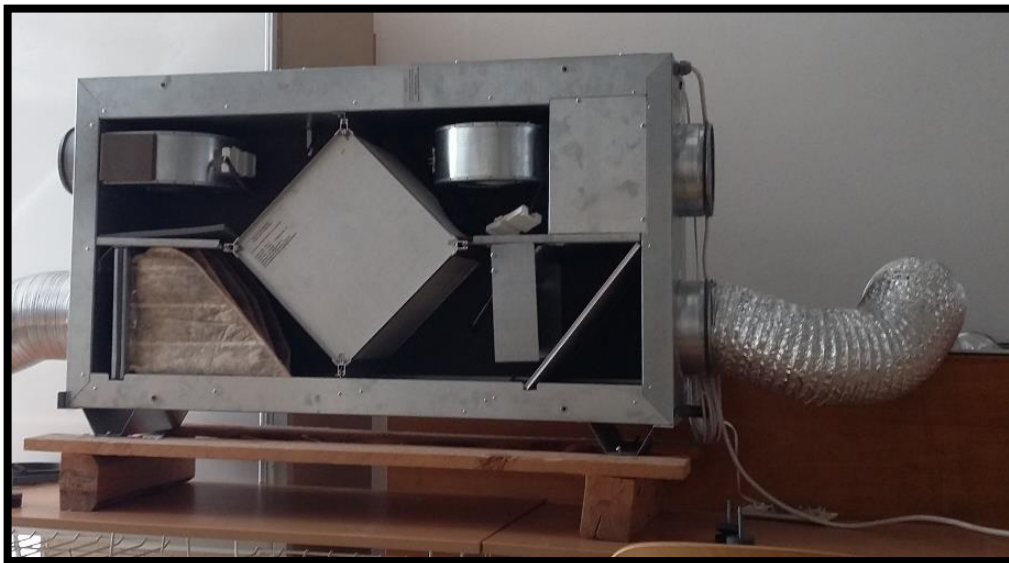
Obrázek 66 Struktura papírového entalpického výměníku (66)



Obrázek 67 Schéma jednotky Lossnay (67)

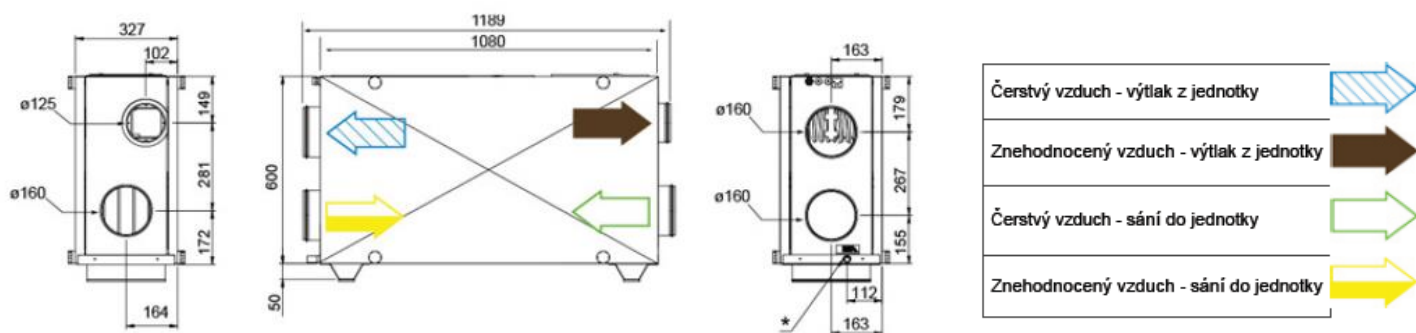


### 3.2.2 Systemair Villavent VX 400 E



Obrázek 68 Vnitřní prostor rekuperační jednotky Systemair Villavent VX 400 E

Tato kompaktní jednotka od společnosti Systemair je vhodná do prostorů s malým průtokem vzduchu, tedy rodinné domy apod. Plášť jednotky je dvojitý a je vyroben z pozinkovaného ocelového plechu. Dále je opatřen vrstvou tepelné a protihlukové izolace z minerální vlny o tloušťce 50 mm. Pro přívod čerstvého vzduchu a odvod vzduchu znehodnoceného, jsou k dispozici dva radiální ventilátory s EC motory. Jádrem této jednotky je deskový rekuperační výměník, jehož teplosměnná plocha je tvořena tepelně vodivými profilovanými deskami z pozinkovaného plechu. Rekuperátor je též vybaven odmrazováním. Odvod kondenzátu je řešen do čelní strany jednotky. Za výměníkem nalezneme elektrický ohřívač vzduchu pro dosažení požadované teploty vnitřního vzduchu. Čistota vzduchu na přívodu je zajištěna kapsovým filtrem F7 a hliníkovým filtrem na odvodu. Jednotka je vybavena plně propojeným vestavěným řídicím systémem. Požadovaná teplota 16-22 °C a množství vzduchu se nastavuje pomocí externího ovladače CE. Servisní dvířka jsou po obou stranách jednotky a lze je čelně vyjmout. Mají tepelnou izolaci o tloušťce 30 mm. Jednotka je určena buď pro nástěnnou montáž, nebo ležatou podstropní montáž.



Obrázek 69 Schéma a rozměry vertikální jednotky Villavent (69)



Obrázek 70 Uzavřená jednotka

### 3.3 Měření rychlosti vzduchu

#### 3.3.1 Postup měření

Před samostatným měřením, jsem si pomocí anemometru naměřila rychlosti vzduchu, na pří-  
vodním a odvodním potrubí obou jednotek. Použity byly dva anemometry s odlišnými veli-  
kostmi. Vždy bylo naměřeno 5 hodnot v různých místech průřezu, které byly posléze zprůměro-  
vány. Dále byl změřen průměr potrubí. Z těchto hodnot pak byly spočteny hodnoty průtoku  
vzduchu VZT jednotkami. Výsledky viz tabulka č.1 a 2.



Obrázek 71 Anemometr velký-připojen na univerzální datalogger Almemo 2590



Obrázek 72 Anemometr malý – připojen na univerzální datalogger



### 3.4 Výsledky měření průtoku vzduchu

JEDNOTKA	SONDA	MÍSTO NA JEDNOTCE	MÍSTO NA PRŮŘEZU					v [m/s]	d <sub>o</sub> [m]	r <sub>o</sub> [m]	S <sub>o</sub> [m <sup>2</sup> ]	V [m <sup>3</sup> /s]	V [m <sup>3</sup> /h]	V [m <sup>3</sup> /h]
podstropní	Velká anemometr. sonda	přívod	okraje	střed	4,8	0,2	0,1	0,0314	0,14	508	467			
				okraje	3,8									
					4,4									
					4,95									
					4,5									
	Malá anemometr. sonda	přívod	okraje	střed	3,6	0,2	0,1	0,0314	0,12	427				
				okraje	3,2									
					3,3									
					4,1									
					4,7									
podstropní	Velká anemometr. sonda	odvod	okraje	střed	6,4	0,2	0,1	0,0314	0,16	586	494			
				okraje	5,15									
					4,32									
					4,7									
					5,34									
	Malá anemometr. sonda	odvod	okraje	střed	4,7	0,2	0,1	0,0314	0,11	402				
				okraje	1,4									
					5,1									
					1,1									
					5,5									

Výsledky měření průtoku u podstropní jednotky

JEDNOTKA	SONDA	MÍSTO NA JEDNOTCE	MÍSTO NA PRŮŘEZU	v [m/s]	d <sub>o</sub> [m]	r <sub>o</sub> [m]	S <sub>o</sub> [m <sup>2</sup> ]	V [m <sup>3</sup> /s]	V [m <sup>3</sup> /h]	V [m <sup>3</sup> /h]
vertikální	Velká anemometr. sonda	přívod	střed	4,2	0,16	0,08	0,020096	0,09	317	315
			okraje	4,5						
				4,4						
				4,3						
				4,5						
	Malá anemometr. sonda	přívod	střed	3	0,16	0,08	0,020096	0,09	313	331
			okraje	3,7						
				5,1						
				4,1						
				5,7						
vertikální	Velká anemometr. sonda	odvod	střed	8,8	0,12	0,06	0,011304	0,09	341	331
			okraje	8,9						
				7,3						
				8,14						
				8,8						
	Malá anemometr. sonda	odvod	střed	8,8	0,12	0,06	0,011304	0,09	320	331
			okraje	7,4						
				8,7						
				5,7						
				8,7						

Výsledky měření průtoku u vertikální jednotky

## 4 MĚŘENÍ TEPLOTY, VLHKOSTI A TEPLOTY ROSNÉHO BODU

Jak již bylo zmíněno, systémy zpětného získávání tepla jsou hodnoceny z hlediska jejich účinnosti. Dle Ecodesignu by všechny systémy ZZT měly do roku 2018 splňovat teplotní účinnost do 73 %. Někteří výrobci udávají hodnoty účinností, přesahující i 80 %. Avšak bychom měli brát v úvahu, že tyto účinnosti jsou měřeny za laboratorních podmínek a že systémy používané v reálném prostředí, těchto hodnot buď nedosáhnou vůbec, anebo jen krátkodobě. Proto dalším bodem v mém experimentu, bylo měření teploty, ze které jsem následně spočítala teplotní účinnosti obou jednotek. Dále byla naměřena vlhkost a teplota rosného bodu. K tomuto měření jsem použila časosběrná čidla – datalogery CEM DT – 174 B, s rozsahem teplot od  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ – $70\text{ }^{\circ}\text{C}$  a přesností  $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Ty jsem umístila na čtyři místa v jednotce –na sání a výfuk a na přívod vzduchu do místnosti a odvod z ní. Hodnoty byly snímány vždy po 15 - ti minutách v rozmezí 3 týdnů.



Obrázek 73 Rozmístění měřících čidel ve vertikální jednotce



Obrázek 74 Uchycení čidla pomocí drátěné úchytky v jednotce Lossnay

Bohužel, tato čidla se neosvědčila. Naměřené hodnoty na všech čtyřech místech se od sebe odlišovaly v rozmezí  $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , a tudíž neodpovídaly hodnotám, jakým by odpovídat měly. Abychom zjistili, zda je tato chyba způsobena špatnou funkcí jednotek nebo čidel, zvolili jsme pro výzkum přesnější čidla, a to dataloggery Comet S3120, s rozsahem  $-30^{\circ}\text{C}$ – $70^{\circ}\text{C}$ , s přesností  $\pm 0,4^{\circ}\text{C}$ .



Obrázek 75 Datalogger Comet S 3120 (75)

Protože jednotky nebyly umístěny vedle sebe, ale každá v jiné části místnosti, hodnoty teploty a vlhkosti ve vnitřním prostředí se od sebe lišily. Proto byl použit datalogger Comet S 3120 vybavený čidlem na jeho konci. Měřidlo bylo zavěšeno na stropu uprostřed laboratoře.



Obrázek 76 použit datalogger Comet S 3120 s externí sondou pro měření teploty v prostoru místnosti (76)

Dataloggery Comet již přinesly správné výsledky. Bylo provedeno celkem 21 měření, z nichž byly vybrány 3 nejzajímavější a nejreálnější výsledky. Jejich průběh je znázorněn v grafech. Z naměřených teplot a průtoku vzduchu byla spočítána teplotní účinnost.

$$\eta = \frac{V_p \cdot \rho \cdot c \cdot (t_1 - t_e)}{V_o \cdot \rho \cdot c \cdot (t_i - t_e)} \quad [\%] \quad [1.5]$$

$\eta$ – účinnost rekuperace	[%]
$t_1$ – teplota vzduchu za rekuperátorem	[°C]
$t_i$ – teplota interiéru	[°C]
$t_e$ – teplota exteriéru	[°C]
$V_p$ – objemový průtok přírodního vzduchu	[m <sup>3</sup> /s]
$V_o$ – objemový průtok odvodního vzduchu	[m <sup>3</sup> /s]
$\rho$ – hustota vzduchu	[m <sup>3</sup> /kg]
$c$ – měrná tepelná kapacita	[J/kg*K]

Dále mě zajímalo, jaké je množství vodní páry v proudícím vzduchu. Z hodnot teploty a vlhkosti vzduchu po rekuperaci, jsem spočetla parciální tlak vodní páry  $p_D$  [Pa], z čehož byla následně vyčíslena měrná vlhkost vzduchu  $x$  [g/kg].

- Parciální tlak syté vodní páry  $p_D''$

$$p_D'' = e^{\left(23,58 - \frac{4044,6}{235,6+t}\right)} \quad [\text{Pa}] \quad [1.6]$$

$t$ – teplota vzduchu	[t]
-----------------------	-----

- Parciální tlak vodní páry  $p_D$

$$p_D = \varphi \cdot p_D'' \quad [\text{Pa}] \quad [1.7]$$

$\varphi$ – relativní vlhkost vzduch	[%]
$p_D''$ - parciální tlak nasycené vodní páry	[Pa]

- Měrná vlhkost  $x$

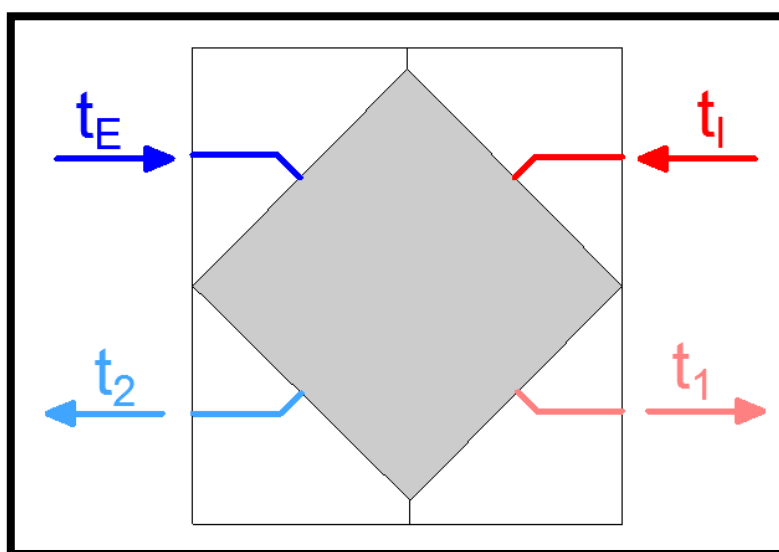
$$x = 0,622 \cdot \frac{p_D}{p - p_D} \quad [\text{g/kg}] \quad [1.8]$$

$p_D$  – parciální tlak vodní páry [Pa]

$p$  – atmosférický tlak [Pa]

Průběhy těchto výsledků jsou znázorněny v následujících grafech a HX diagramech, čímž můžeme vidět reálné chování jednotek

## 4.1 Výsledky měření 1. týden

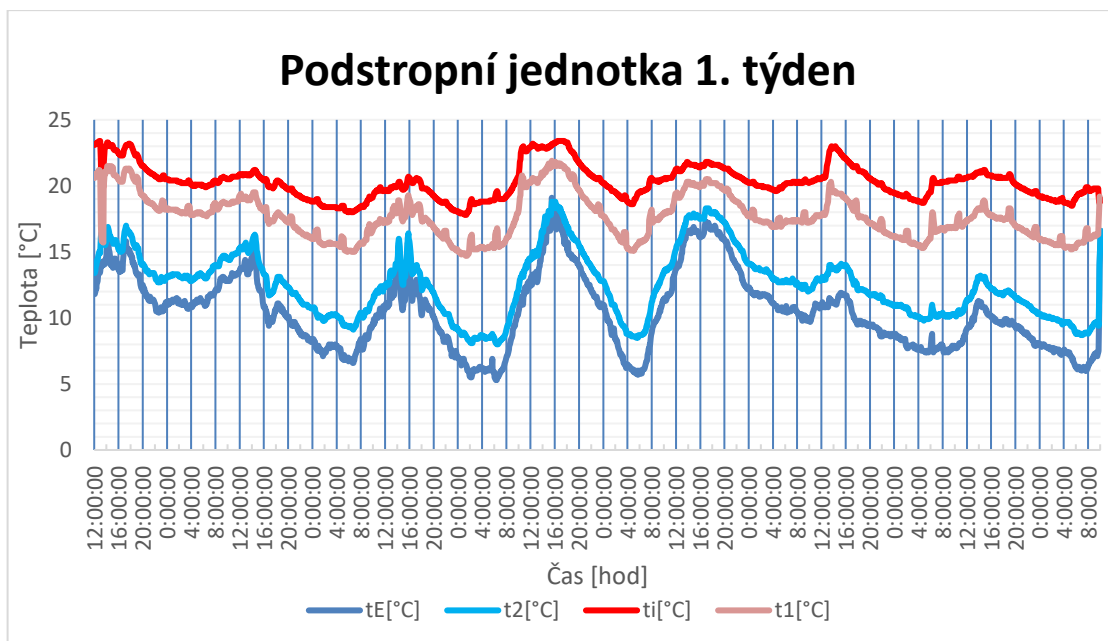


Obrázek 77 Schéma proudění vzduchu (legenda ke grafům)

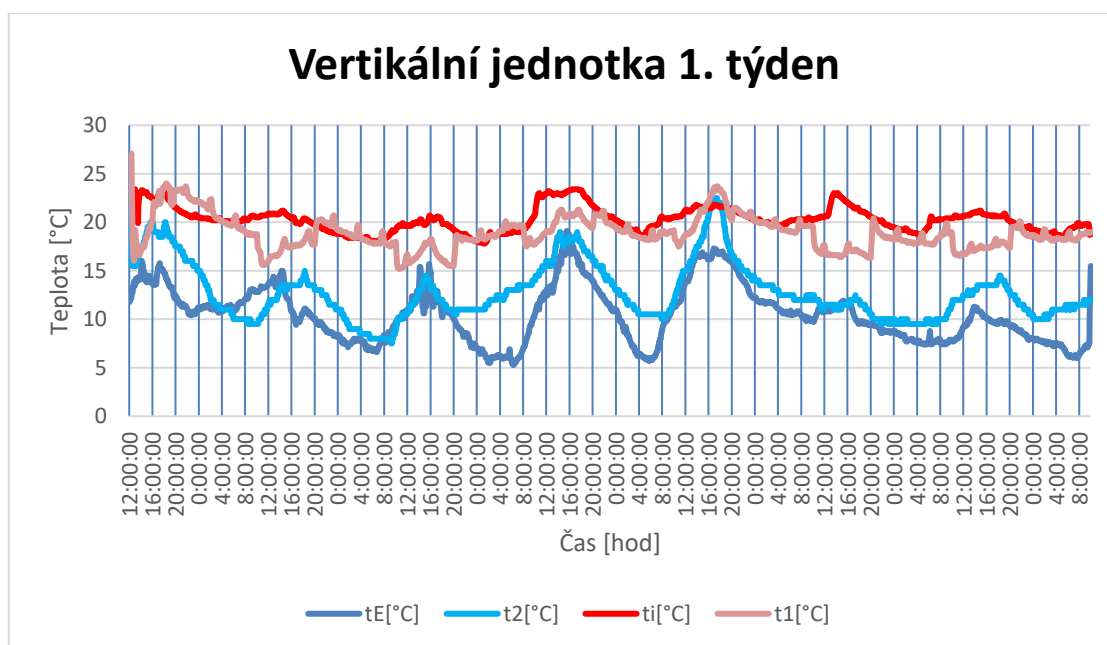
### 4.1.1 Průběh teplot z celého týdne

Tyto grafy ukazují nepřetržitý průběh teplot po dobu 7 dní. Hodnoty všech teplot, se drží v takových hodnotách, jaké bychom očekávali. Avšak vidíme, že teploty vždy v 16 h vzrostou o víc jak 10 °C. Proč se tomu tak děje, nebylo přesně zjištěno. Předpokládá se ale postupný náběh určitého zařízení v učebně a jeho následné chladnutí, či akumulace tepla ve výměníku a její postupné uvolňování.





Graf 5 – Průběh teplot v prvním týdnu měření, u podstropní jednotky

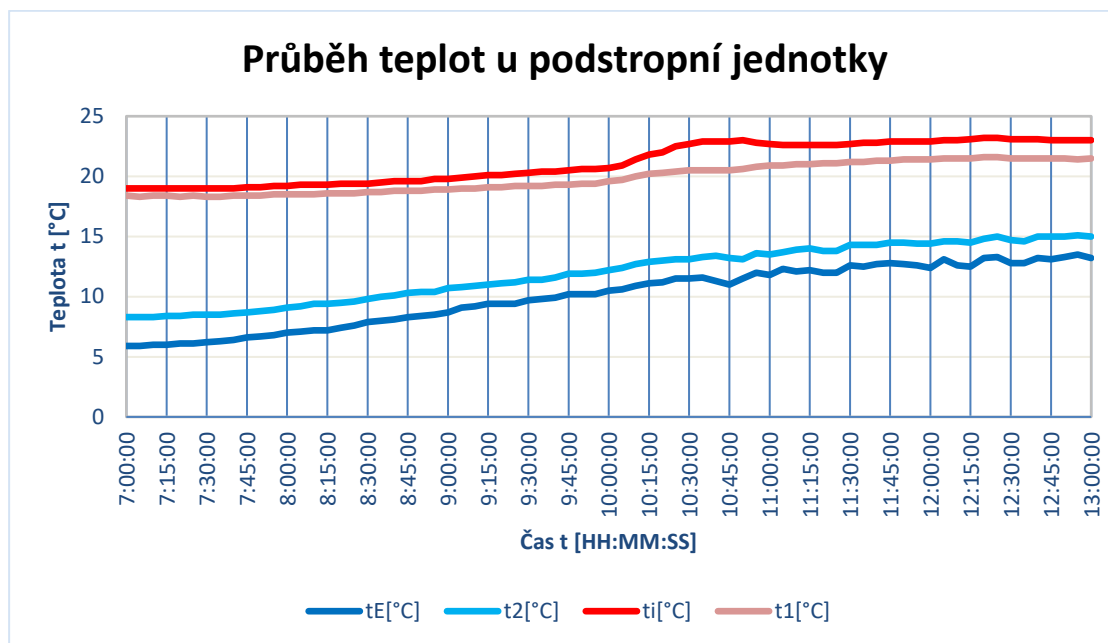


Graf 6 Průběh teplot v první týdnu měření, u vertikální jednotky

#### 4.1.2 Průběh ve vybraných úsecích

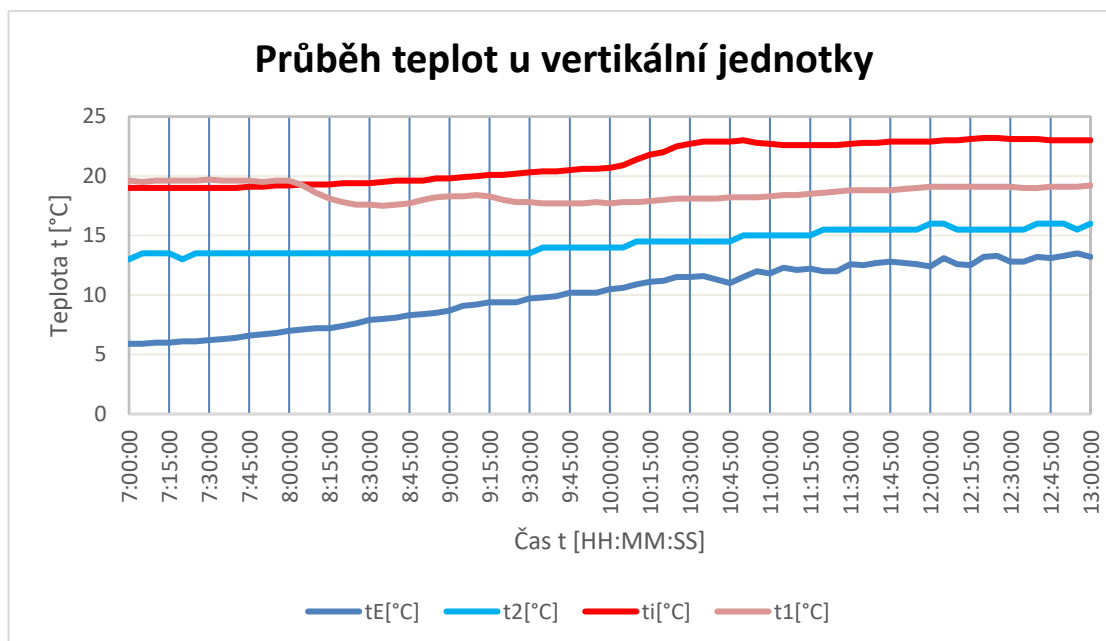
Abychom se vyhnuli nepřesným hodnotám, které byly občas naměřeny, byly vybrány úseky, kde mají teploty a hodnoty z nich spočtené, konstantní průběh. Z prvního týdne byly vybrány hodnoty z 24.4 v časovém rozmezí 7:00 – 13:00. Můžeme vidět, jak teplota exteriéru postupně vzrůstá od 5 do 13 °C. Teplota odpadního vzduchu kopíruje téměř po celou dobu průběh venkovní teploty. Jejich teplotní rozdíl se pohybuje v rozmezí 5 °C. V úseku od 7:00 – 9:00, je teplota po rekuperaci a teplota v místnosti téměř shodná a od 9:00 – 13:00 se jejich rozdíl více zvětšuje. Vidíme, že teplotní rozdíly mezi přívodním venkovním vzduchem  $t_E$  a vzduchem po rekuperaci  $t_1$

má přibližně stále stejnou hodnotu jako teplotní rozdíl mezi vzduchem v interiéru  $t_i$  a odpadním vzduchem  $t_2$ . Znamená to tedy, že co bylo dáno, bylo také odevzdáno.

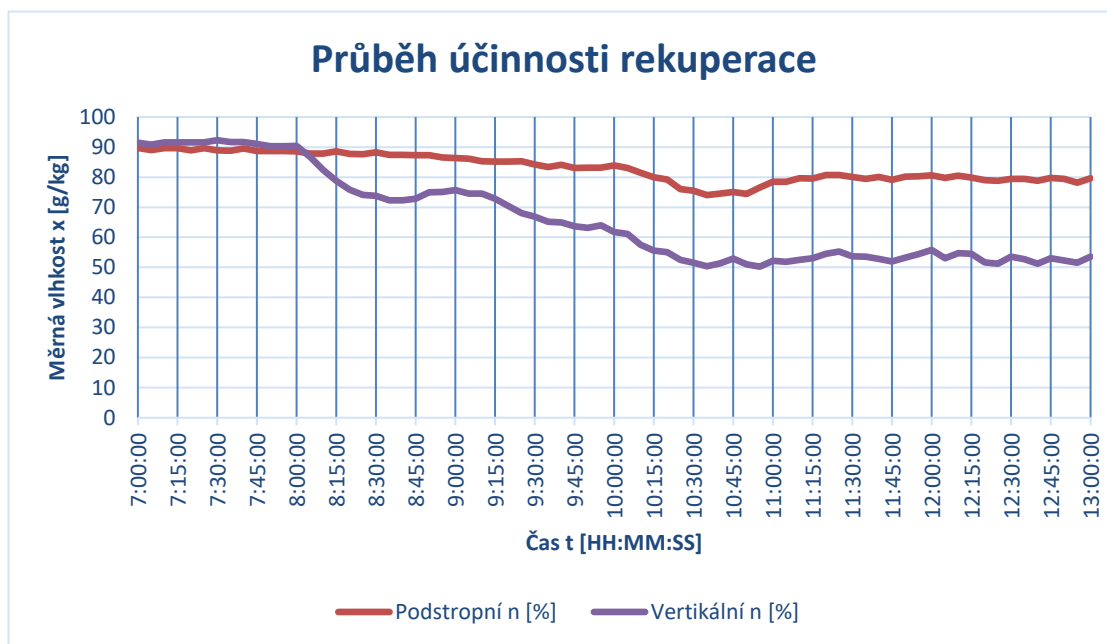


Graf 7 Průběh teplot u podstropní jednotky 24.4.2017

U vertikální jednotky nejsou průběhy teplot souběžné, jako u podstropní jednotky. V čase od 7:00 – 10:00 neplatí, že teplotní rozdíly nejsou přibližné. Navíc teplota  $t_1$  je od 7:00 – 8:00 vyšší než teplota interiéru, což by nemělo být možné.

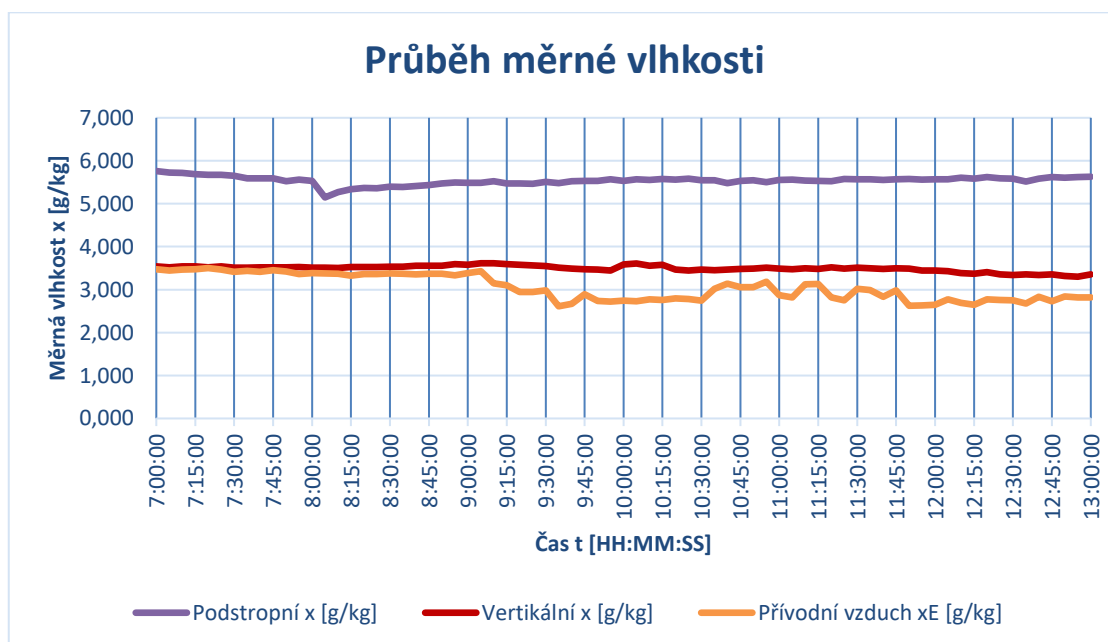


Graf 8 Průběh teplot u vertikální jednotky 24.4.2017



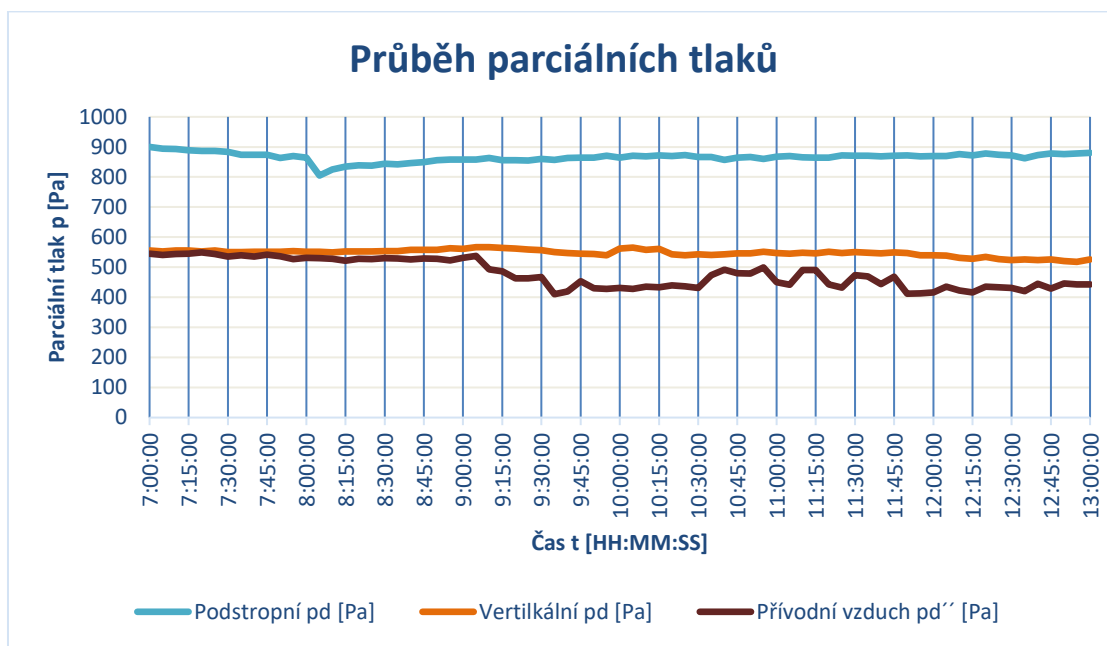
Graf 9 Průběh účinností rekuperace 24.4.2017

V grafu vidíme, že s rostoucí teplotou klesá účinnost rekuperace. V 7:00, kdy se teplota v exteriéru pohybovala okolo 5 °C, se pohybovala účinnost obou jednotek okolo 90 %. Ve 13:00, kdy teplota již dosahovala okolo 13 °C, klesla účinnost podstropní jednotky o 15 % a vertikální jednotky až o 40 %.



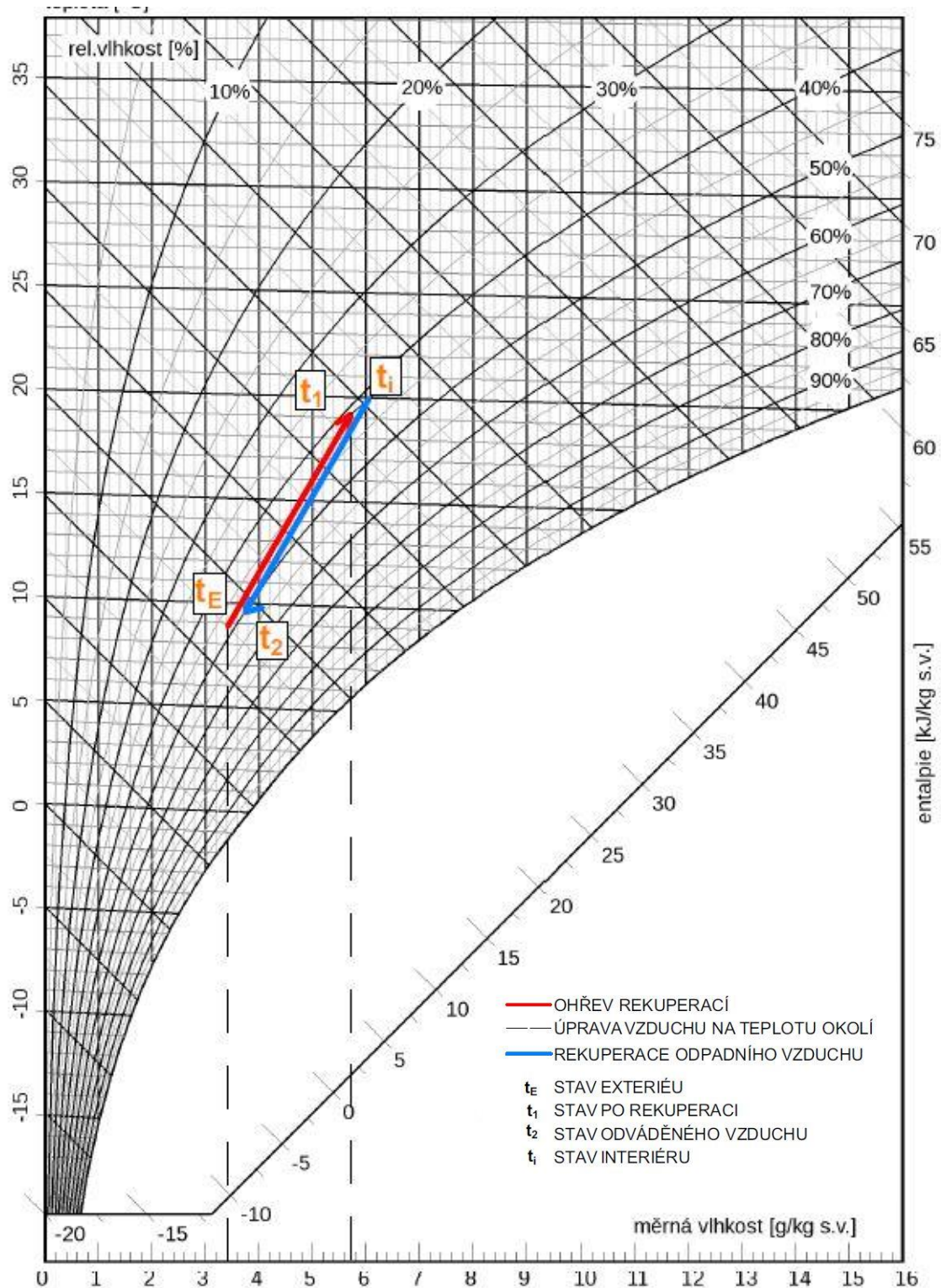
Graf 10 Průběh měrné vlhkosti 24.4.2017

Jelikož má jednotka Lossnay entalpický výměník, umožňující přenos vlhkosti vidíme, že měrná vlhkost této jednotky se pohybuje mezi 5–6 g/kg oproti množství vodní páry na sání, které je okolo 3,5 g/kg. Průběh měrné vlhkosti jednotky Villavent je zprvu stejný, jako u měrné vlhkosti venkovního vzduchu, avšak posléze začne klesat. Znamená to tedy, že přiváděný vzduch byl vysušován.



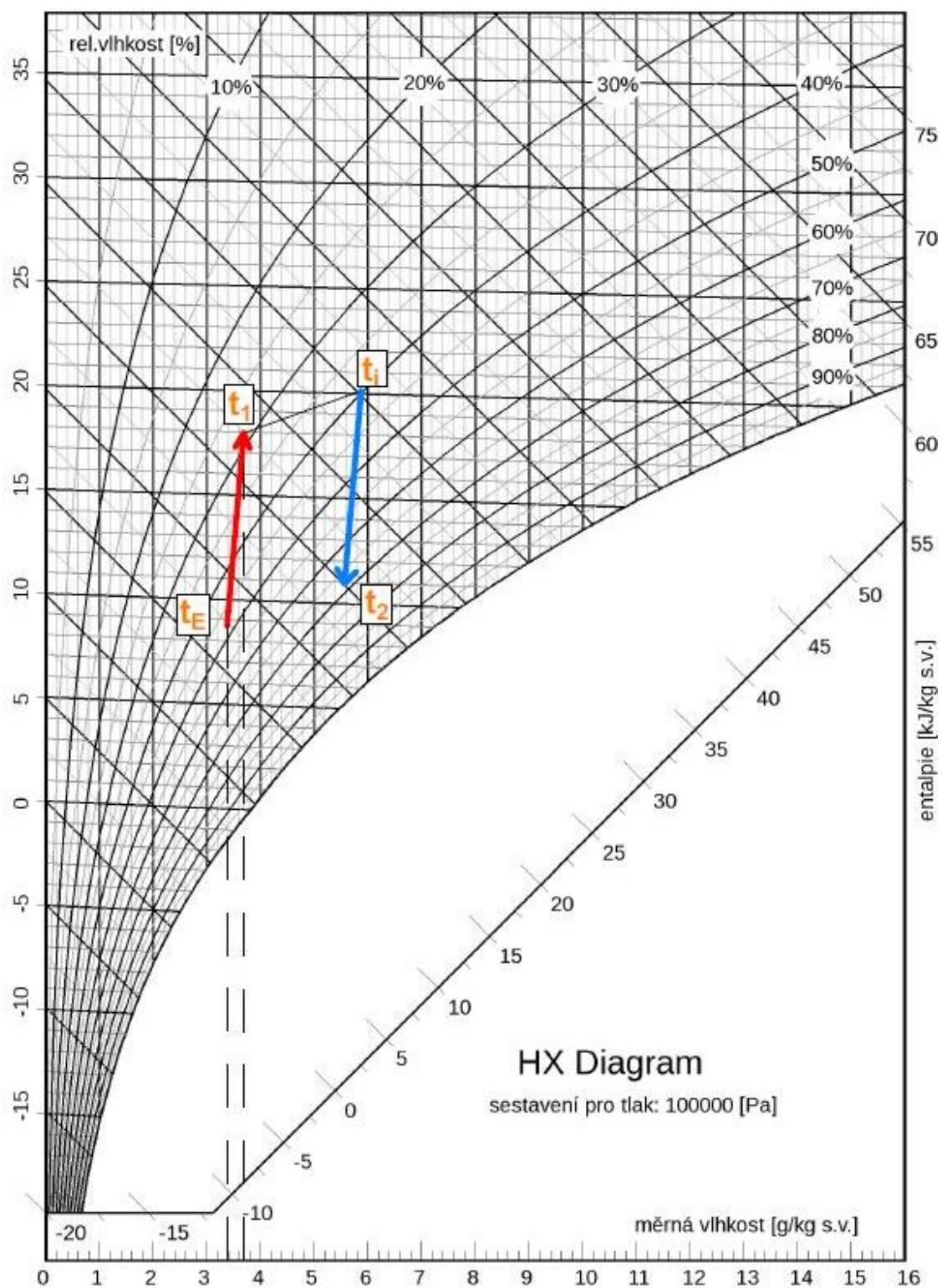
Graf 11 Průběh parciálních tlaků 24.4.2017

Průběh parciálních tlaků páry je totožný s průběhem měrných vlhkostí. U podstropní jednotky se pohybuje mezi 800–900 Pa, u vertikální jednotky mezi 400–600 Pa.



Graf 12 HX diagram jednotky Lossnay z 24.4, v 8h 30 min

Na HX diagramu jednotky Lossnay vidíme průběh typický pro entalpický výměník.



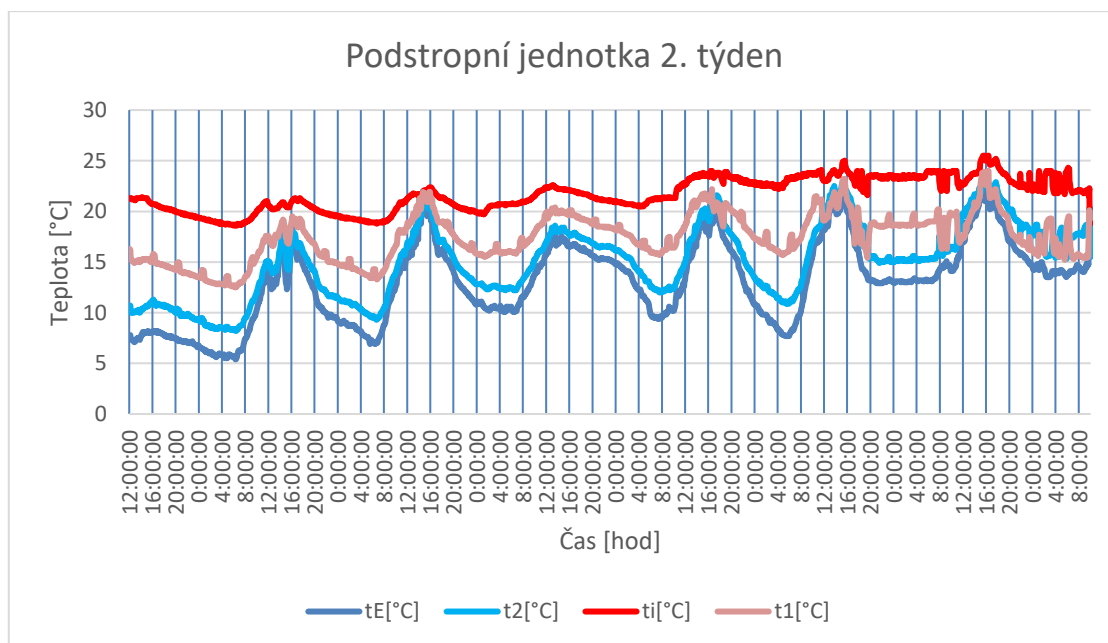
Graf 13 HX diagram jednotky Villavent z 24.4, v 8h 30 min

Na HX diagramu jednotky Villavent vidíme, že přenáší malé množství vlhkosti, asi 0,3 g/kg. To může být způsobeno netěsností výměníku vlivem opotřebení.



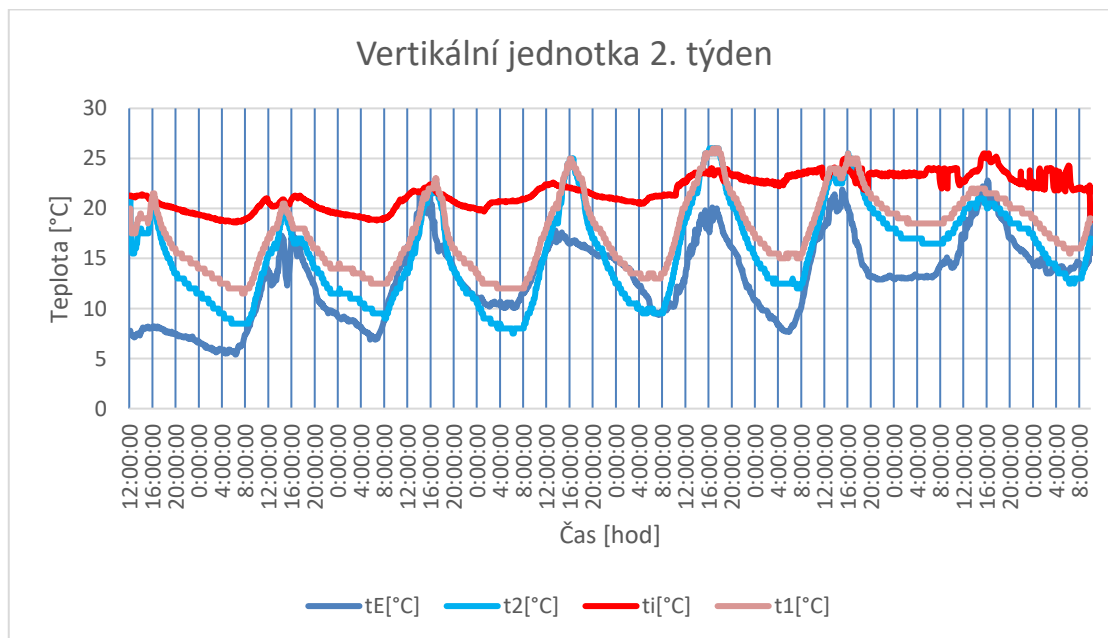
## 4.2 Výsledky měření 2. týdne

### 4.2.1 Průběh teplot z celého týdne



Graf 14 Průběh teplot v druhém týdnu měření, u podstropní jednotky

V druhém týdnu se průběh teplot nezměnil. V 16:00 teploty na přívodu a tím i v dalších místech dosahuje svého maxima.

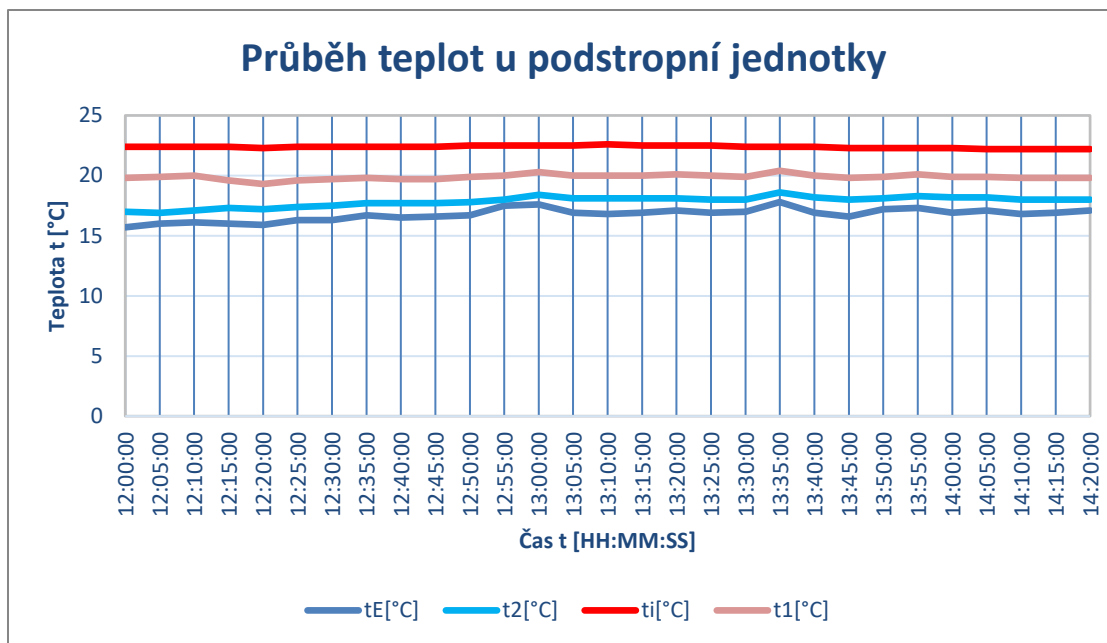


Graf 15 Průběh teplot v druhém týdnu měření, u vertikální jednotky



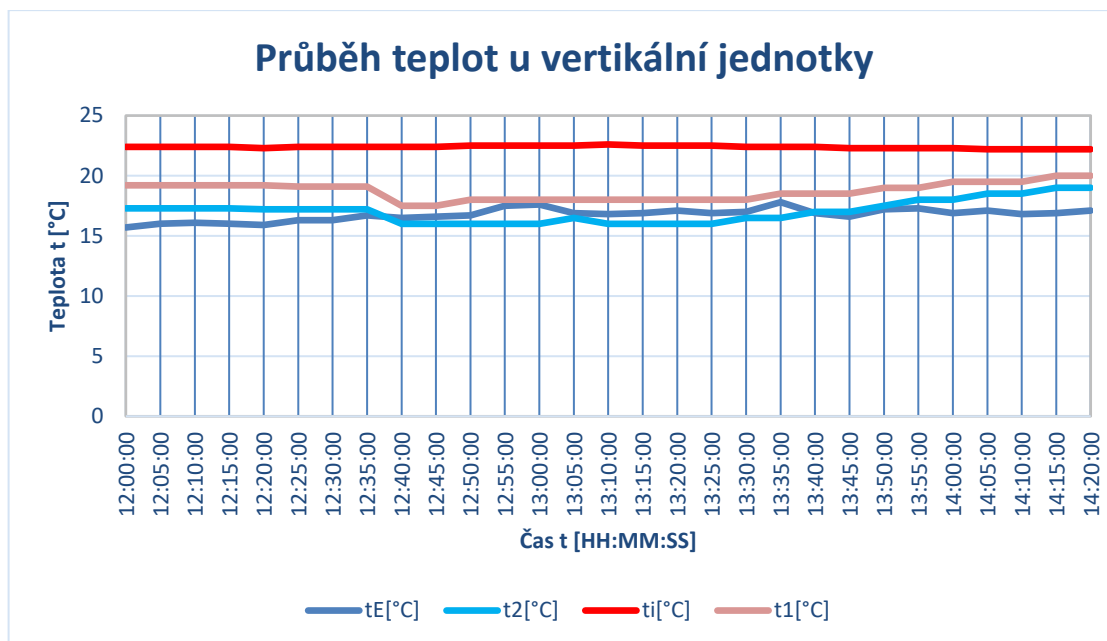
U vertikální jednotky vidíme, že teplota interiéru nekopíruje průběh ostatních teplot, jako tomu bylo u podstropní jednotky. Teplota přívodního i odvodního vzduchu mají téměř stejné hodnoty, které jsou vyšší než teplota interiéru.

#### 4.2.2 Průběh ve vybraných úsecích



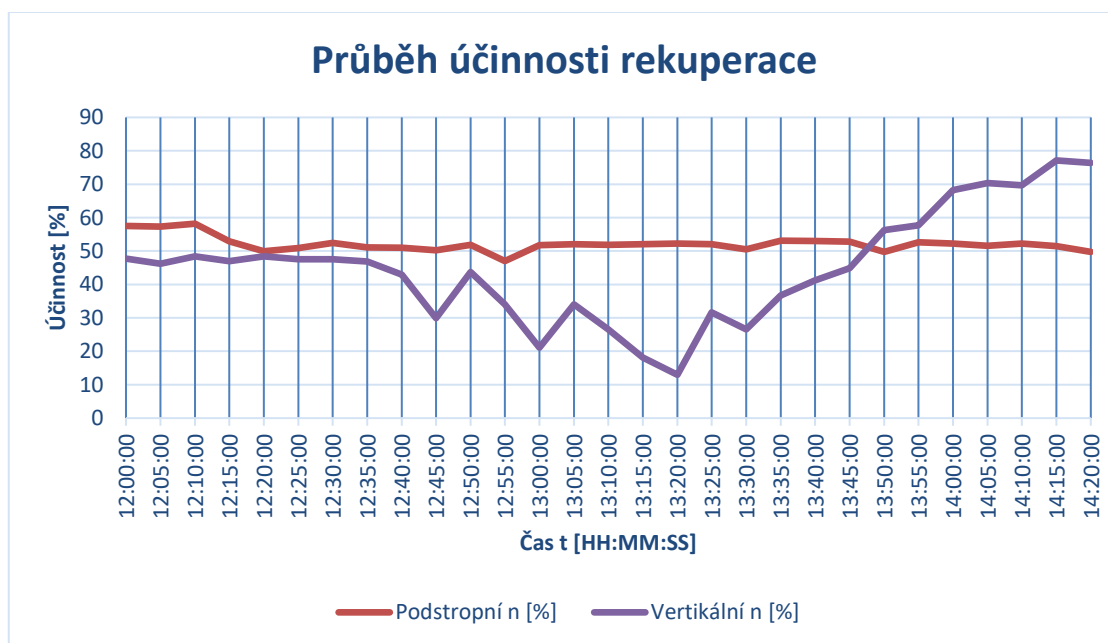
Graf 16 Průběh teplot u podstropní jednotky 29.4

Ve druhém týdnu byl vybrán úsek ze dne 29.4 od 12:00 – 14:20. Průběh teplot u podstropní jednotky v tomto úseku je konstantní. Teplota na sání se pohybuje mezi 15–17 °C, teplota v místnosti cca 22 °C.



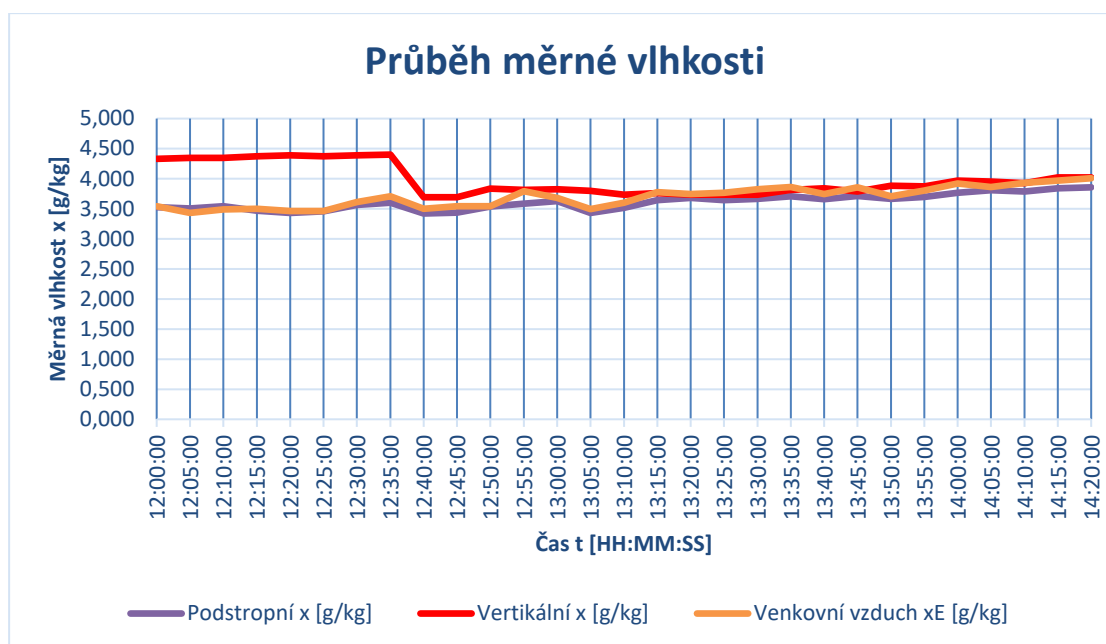
Graf 17 Průběh teplot u vertikální jednotky 29.4.2017

U vertikální jednotky není průběh teplot tak konstantní. V některých místech převyšuje teplota na sání teplotu výfuku.



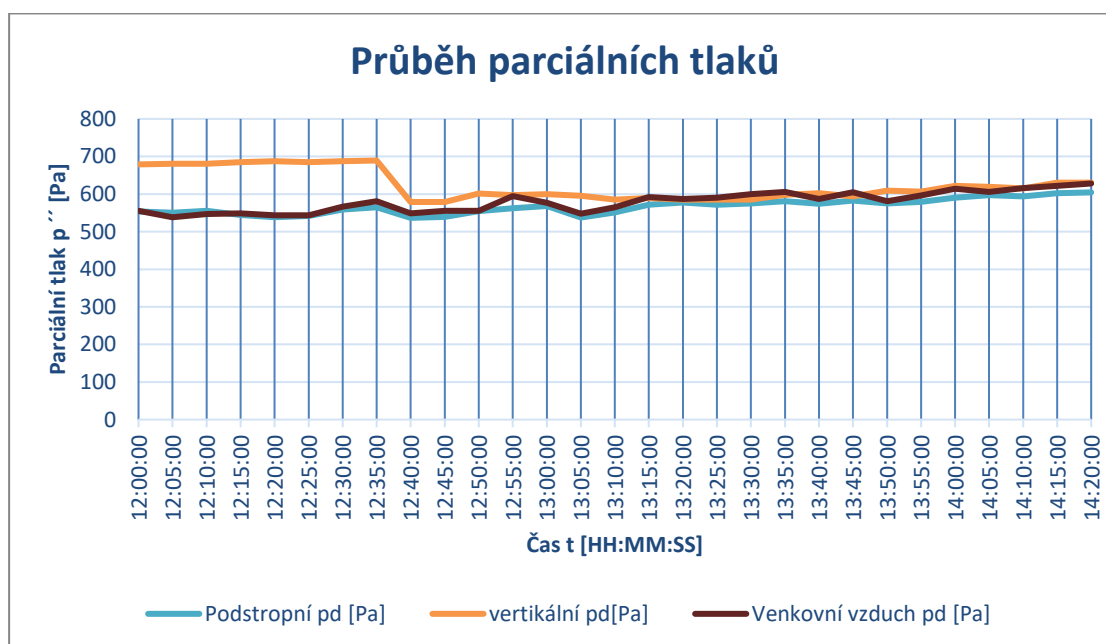
Graf 18 Průběh účinnosti rekuperace 29.4.2017

Jelikož má teplota  $t_1$  u podstropní jednotky konstantní průběh, odpovídá tomu také průběh účinnosti, která se zdržuje v hodnotách mezi 50–60 %. Naopak u vertikální nepravidelně kolísá. Na začátku úseku se pohybuje okolo 50 %, v 13:20 okolo 10 % a v 14:20 se drží u 80 %. Tento pokles je způsoben tím, že venkovní teplota se v čase od 12:40 – 13:40 vyšplhala na 17 °C a teplota po rekuperaci dosahovala 18°C.



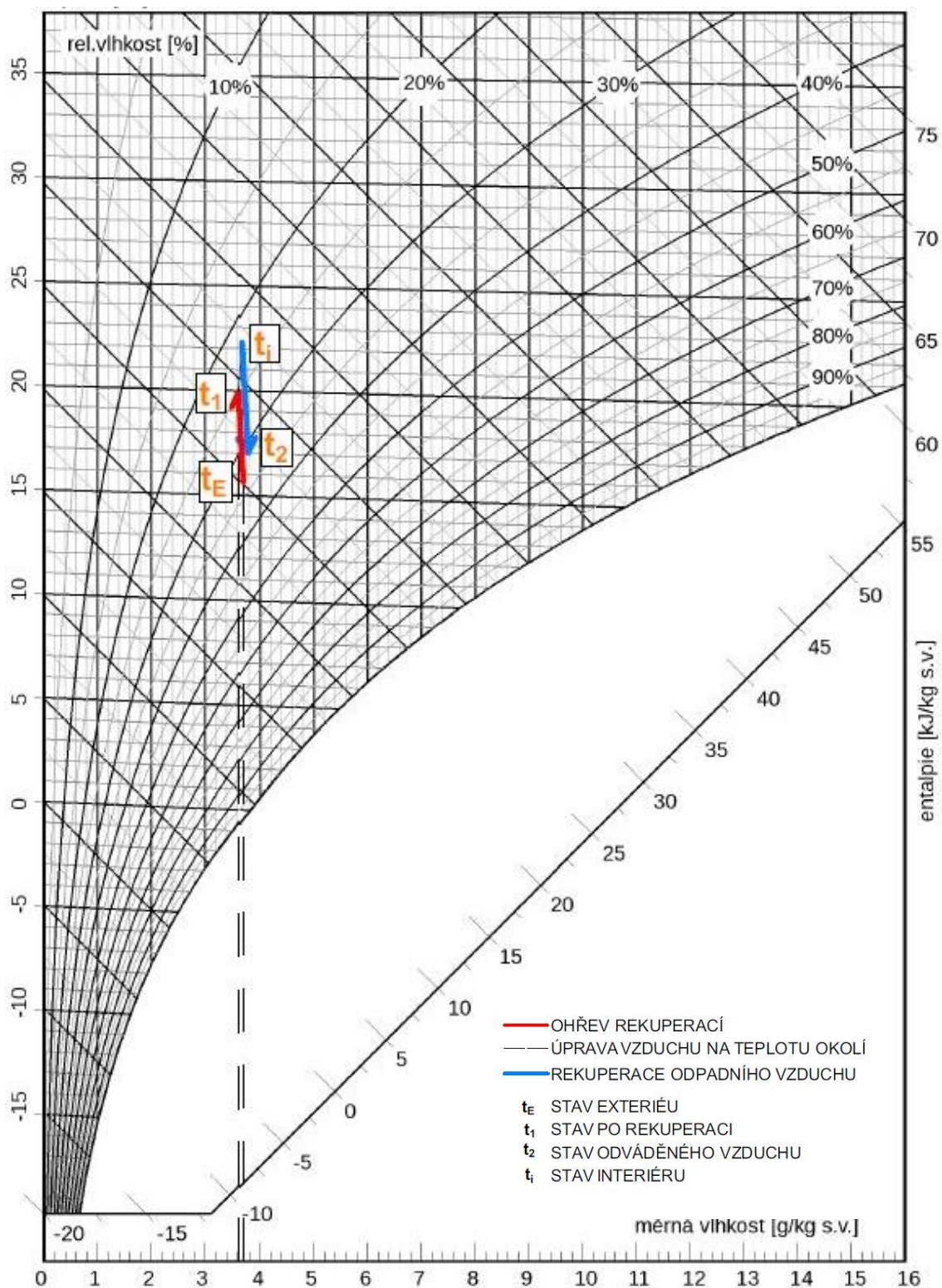
Graf 19 Průběh měrné vlhkosti 29.4.2017

Vertikální jednotka se do 12:40 chová jako entalpická – výměník přenáší i vlhkost. To může být způsobeno opotřebením rekuperátoru. Naopak podstropní jednotka vlhkost nepřenáší vůbec. Od 12:40 mají obě jednotky drží ve stejném intervalu.



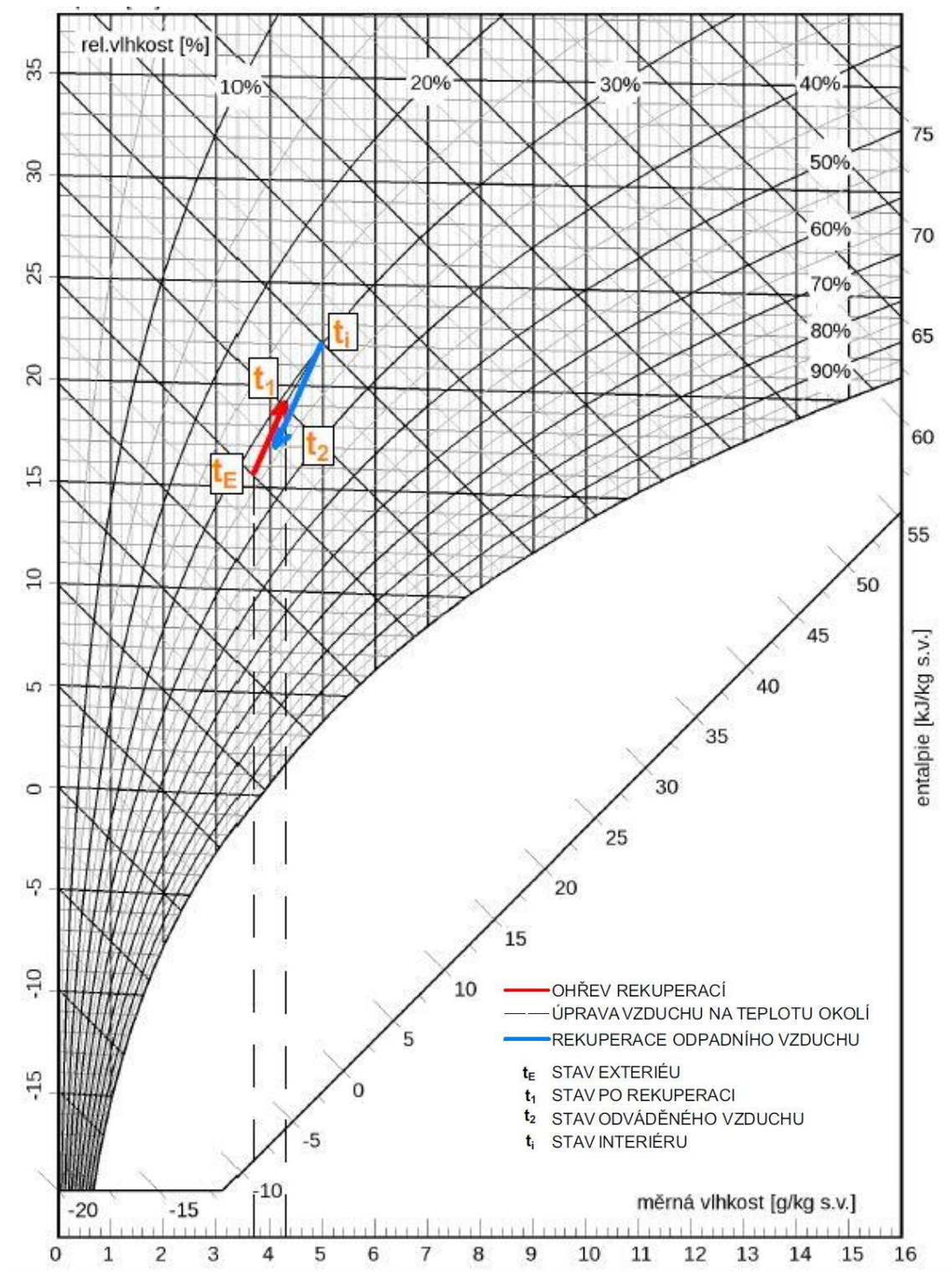
Graf 20 Průběh parciálních tlaků 29.4.2017

Parciální tlak vodní páry je nejvyšší u vertikální jednotky a to okolo 700 Pa. Po poklesu se drží v intervalu 500–600 Pa, stejně tak i jednotka podstropní.



Graf 21 HX diagram jednotky Lossnay ze dne 29.4, v 12:00

Vidíme průběh typický pro rekuperaci a že vlhkost je přenášena jen minimální, a to asi 0,2 g/kg.

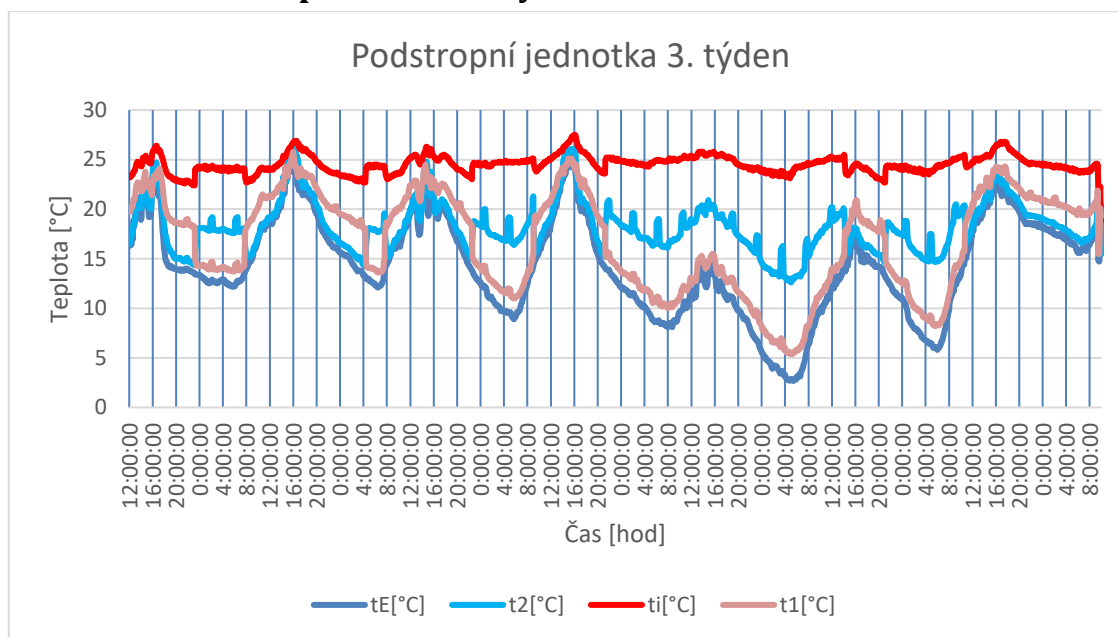


Graf 22 HX diagram jednotky Villavent ze dne 29.4, ve 12:00

Kdežto vertikální jednotka přenáší asi 0,6 g/kg, což může být způsobeno opotřebením a netěsností výměníku, jak již bylo zmíněno.

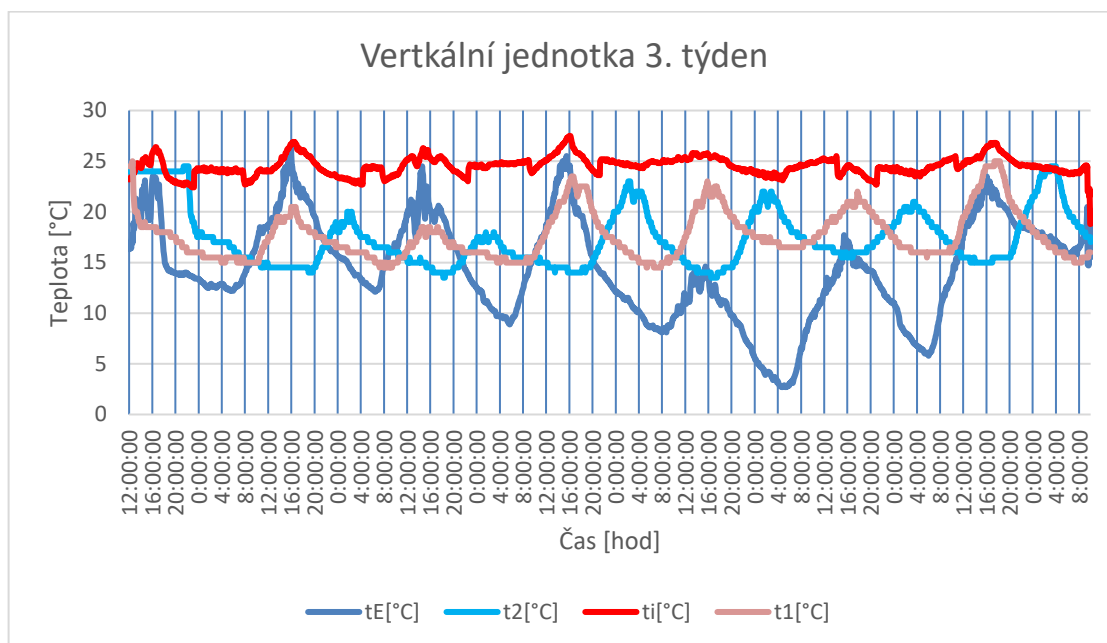
## 4.3 Výsledky měření 3. týdne

### 4.3.1 Průběh teplot z celého týdne



Graf 23 Průběh teplot ve třetím týdnu měření, u podstropní jednotky

Ve průběhu třetího týdne opět teploty vždy v 16 h dosáhly svého maxima. Navíc teplota odpadního vzduchu přesahuje teplotu po rekuperaci a blíží se téměř teplotě interiéru, což není reálné a účinnost by dosahovala záporných hodnot.

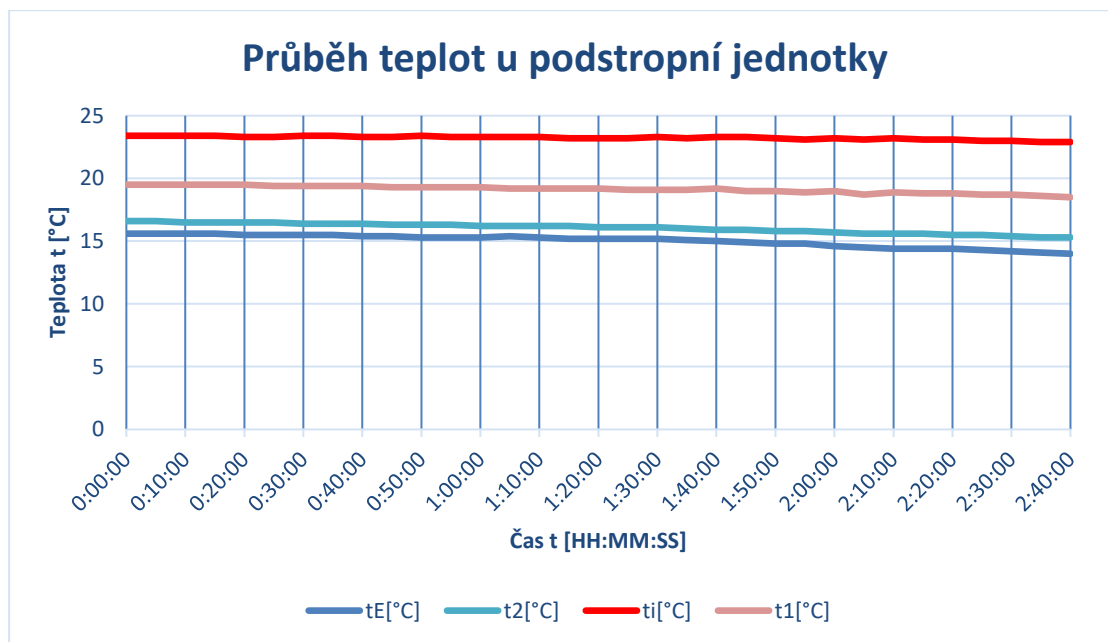


Graf 24 Průběh teplot ve třetím týdnu měření, u vertikální jednotky



U této jednotky se nám průběhy teplot značně rozcházejí a nemají podobný průběh, jako měly doposud. V 16 h dosahují maxima teploty na všech místech jednotky, kromě teploty na výfuku. Ta je maximální v době, kdy sání nabývá minimálních hodnot.

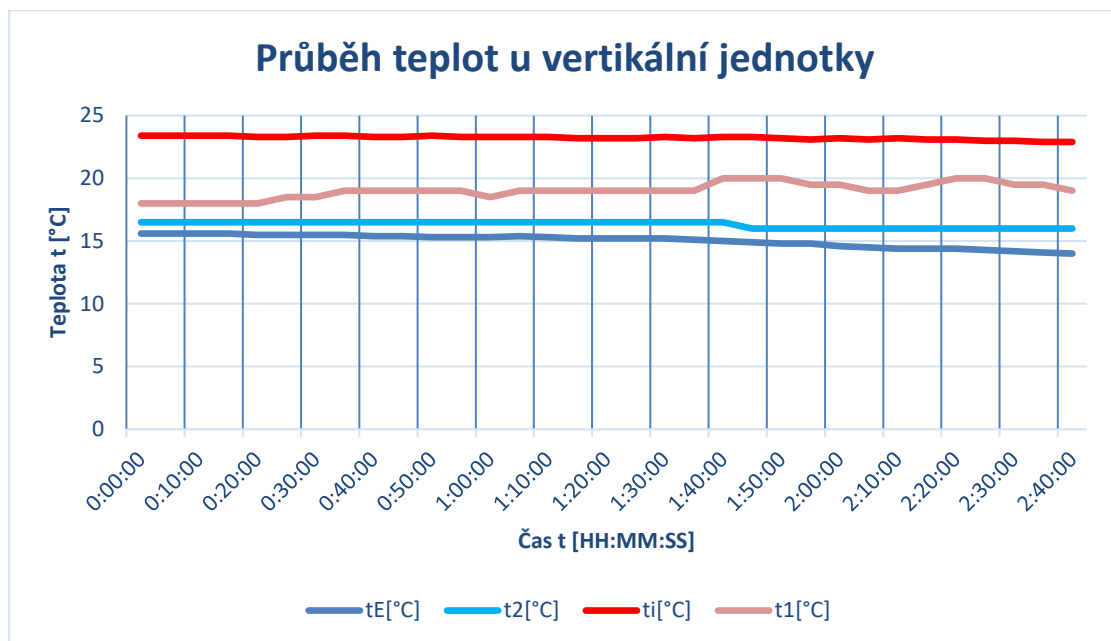
### 4.3.2 Průběhy ve vybraných úsecích



Graf 25 Průběh teplot u podstropní jednotky 7.5.2017

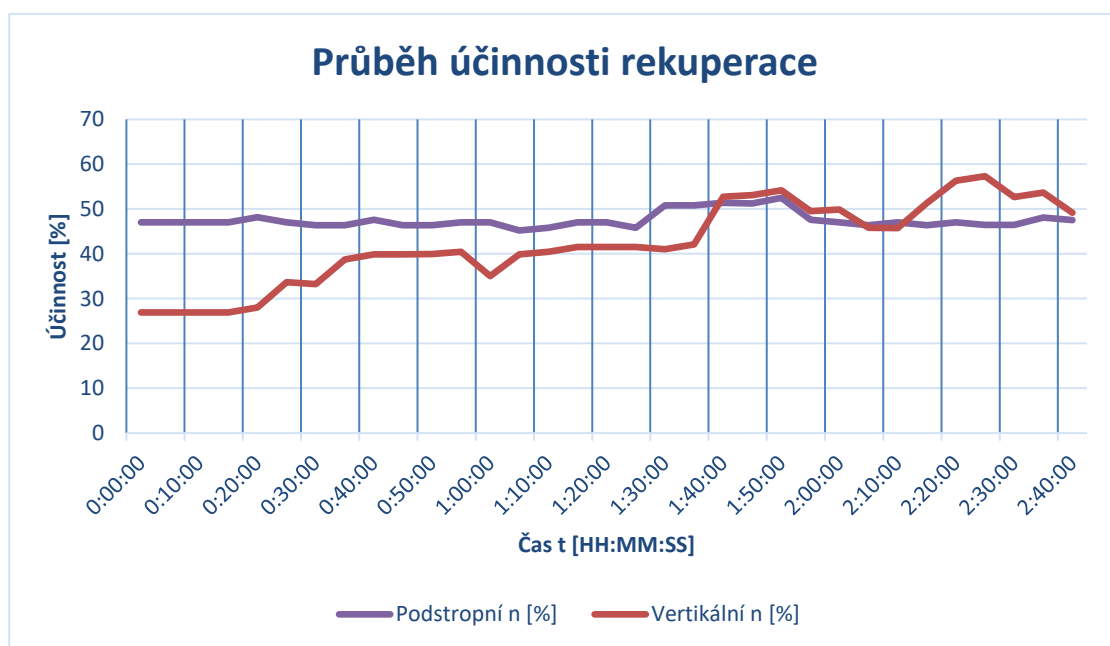
Ve třetím týdnu byly vybrány data ze dne 7.5.2017, od půlnoci, do 2:40. Teploty v tomto grafu mají stejný konstantní průběh. Teplota v místnosti se pohybuje okolo 23 °C, venkovní teplota okolo 15°C.





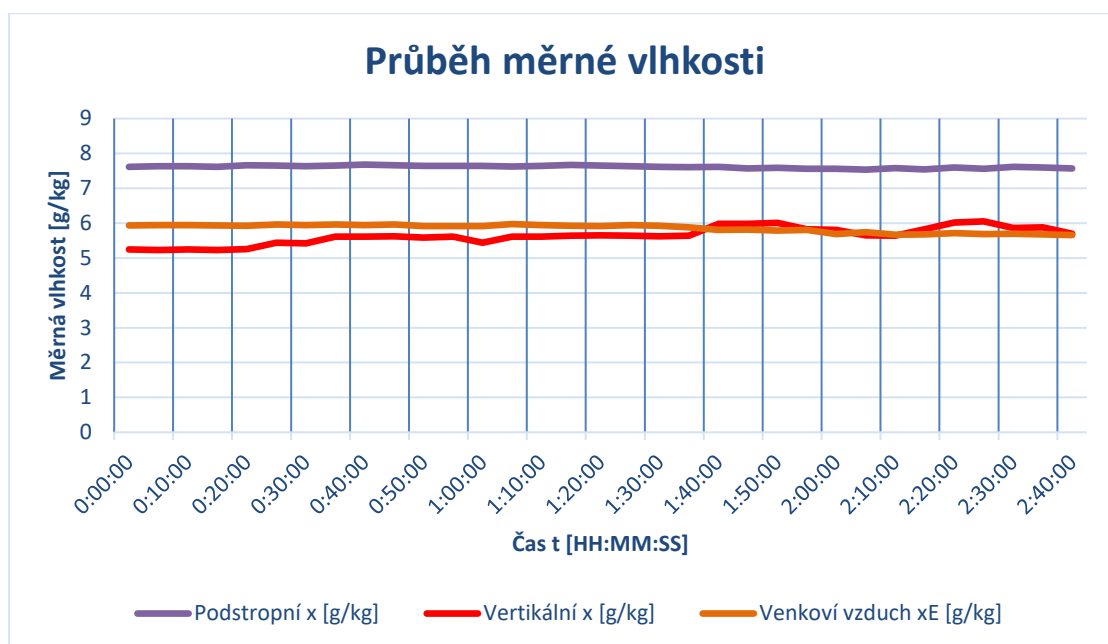
Graf 26 Průběh teplot u vertikální jednotky 7.5.2017

I zde vidíme konstantní průběh teplot. Jen teplota po rekuperaci mírně kolísá, ale ne nijak výrazně.



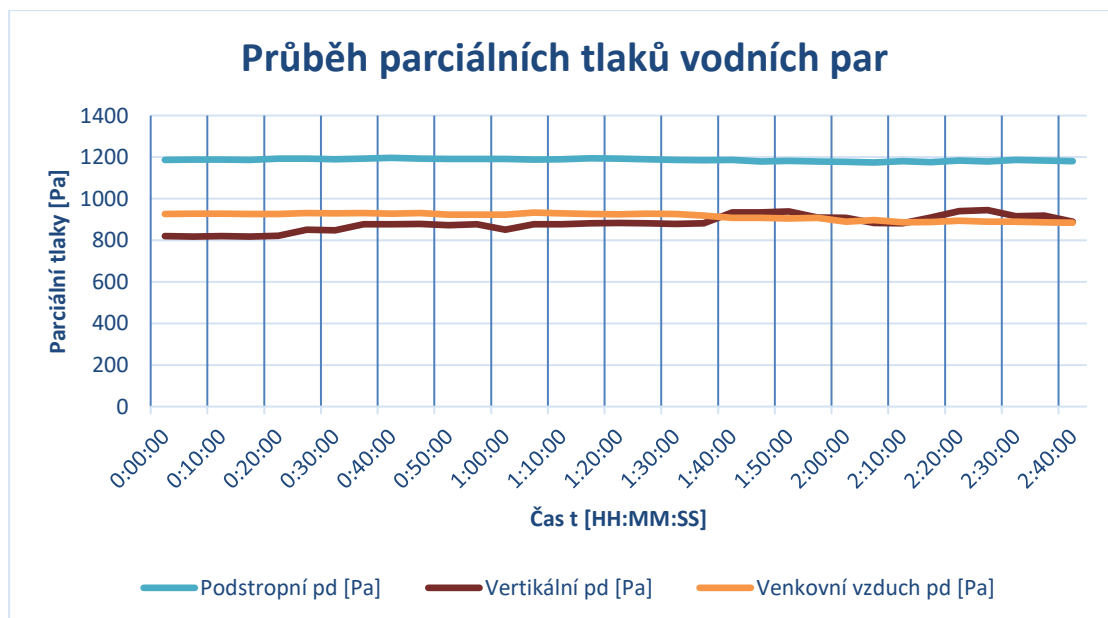
Graf 27 Průběh účinnosti rekuperace 7.5.2017

Průběhy účinností nám kopírují průběhy teplot po rekuperaci. Zatímco u podstropní jednotky je účinnosti maximálně 50 %, u vertikální opět značně kolísá a to mezi 25-60 %.



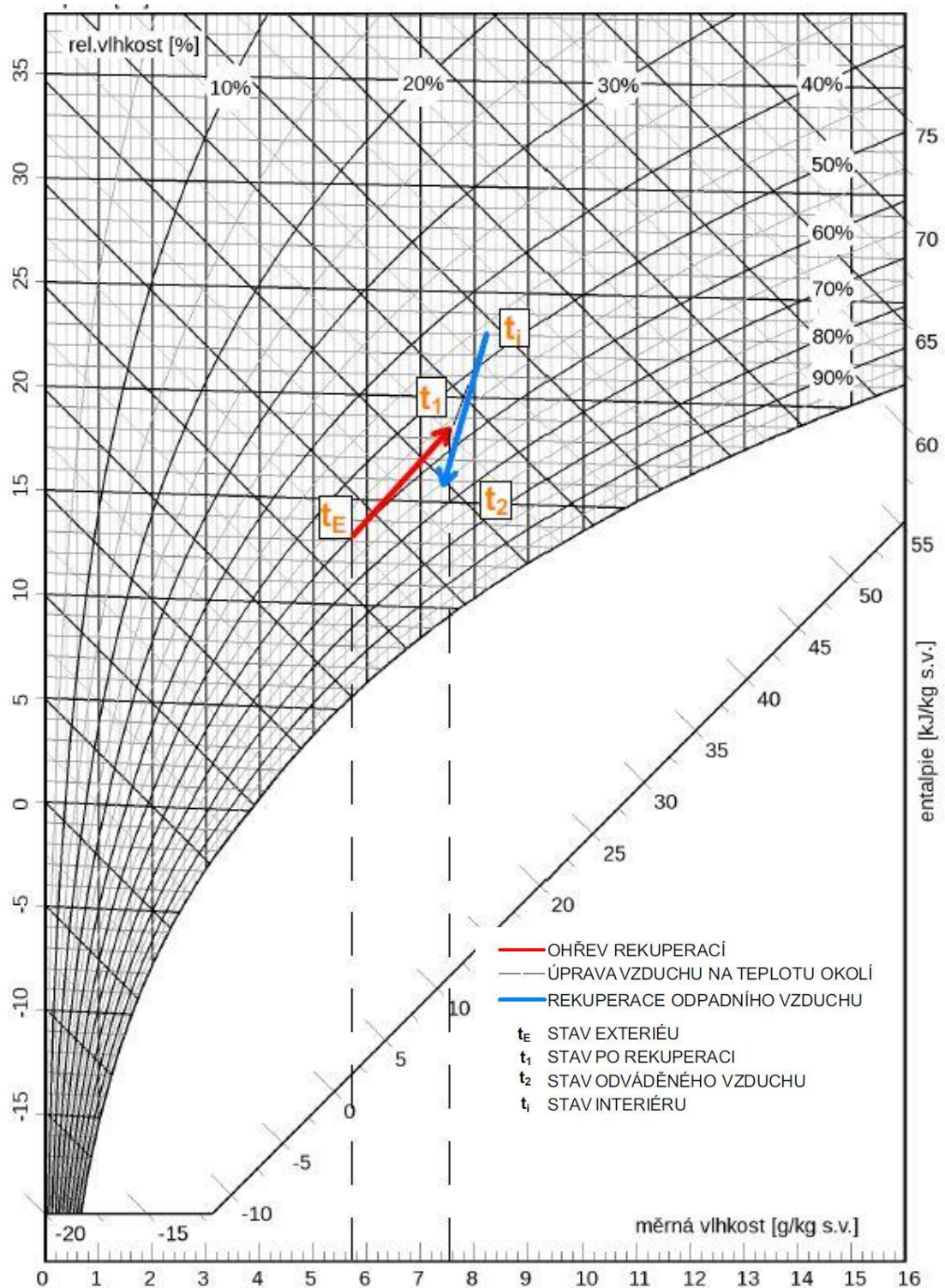
Graf 28 Průběh měrné vlhkosti 7.5.2017

V tomto úseku je rozdíl měrné vlhkosti na sání a přívodu Lossnay okolo 2 g/kg. Villavent má na přívodu nižší množství vodní páry, než bylo na sání, vzduch byl tedy vysušován. Ale tento rozdíl se pohybuje v rozmezí 0,8 g/kg.



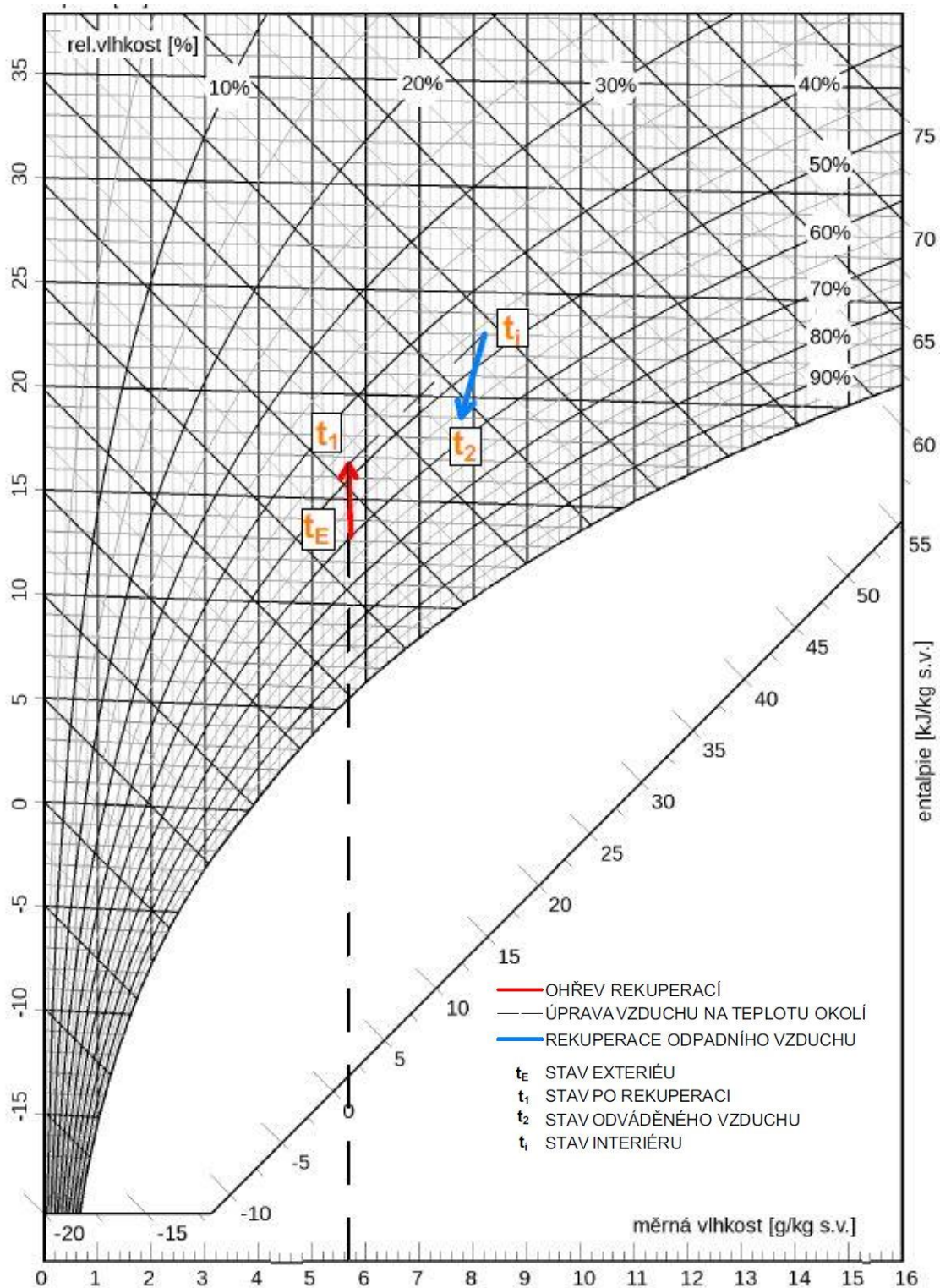
Graf 29 Průběh parciálních tlaků 7.5.2017

Parciální tlak vodní páry u Lossnay dosahuje hodnot okolo 1 200 Pa, u Villavent okolo 800 Pa a na sání cca 900 Pa. V tomto časovém úseku přšelo, což způsobilo, že hodnoty parciálního tlaku nabývají vyšších hodnot.



Graf 30 Úprava vzduchu jednotky Lossnay, znázorněná v HX diagramu 7.5. 2017, ve 2h 30 min

Vidíme, že sice byla přenesena vlhkost, a to asi 2 g/kg, ale stejné množství nebylo navraceno.



Graf 31 Úprava vzduchu jednotky Villavent znázorněná v HX diagramu 7. 5. 2017, ve 2h 30 min

HX diagram jednotky Villavent, jejíž průběh odpovídá rekuperačnímu výměníku.



## 4.4 Měření vibrací jednotek

Další, měření, které sem provedla, bylo měření vibrací u obou jednotek, pomocí Dataloggeru pro měření vibrací. Ten je pomocí magnetu připnut na jednotce a snímá vždy po 1 sekundě vibrace stroje ve třech osách.



Obrázek 78 Datalogger pro měření vibrací

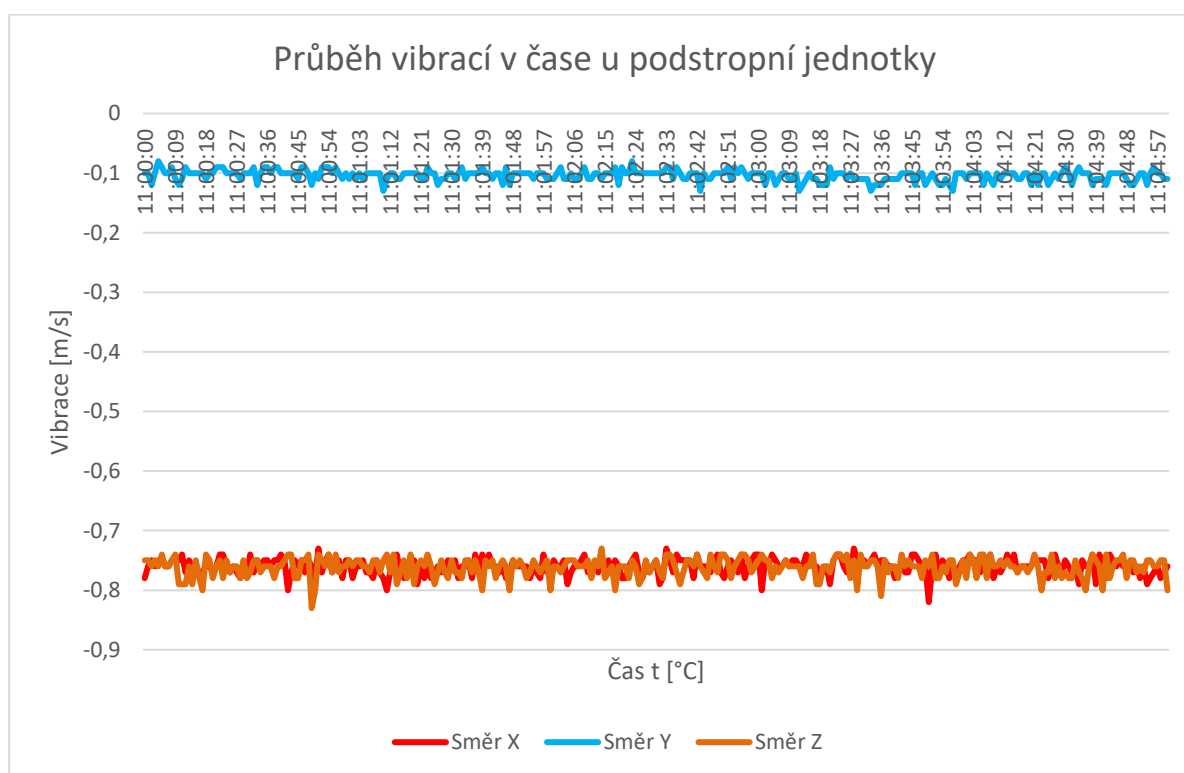


Obrázek 79 Umístění dataloggeru pomocí magnetu na jednotce Lossnay

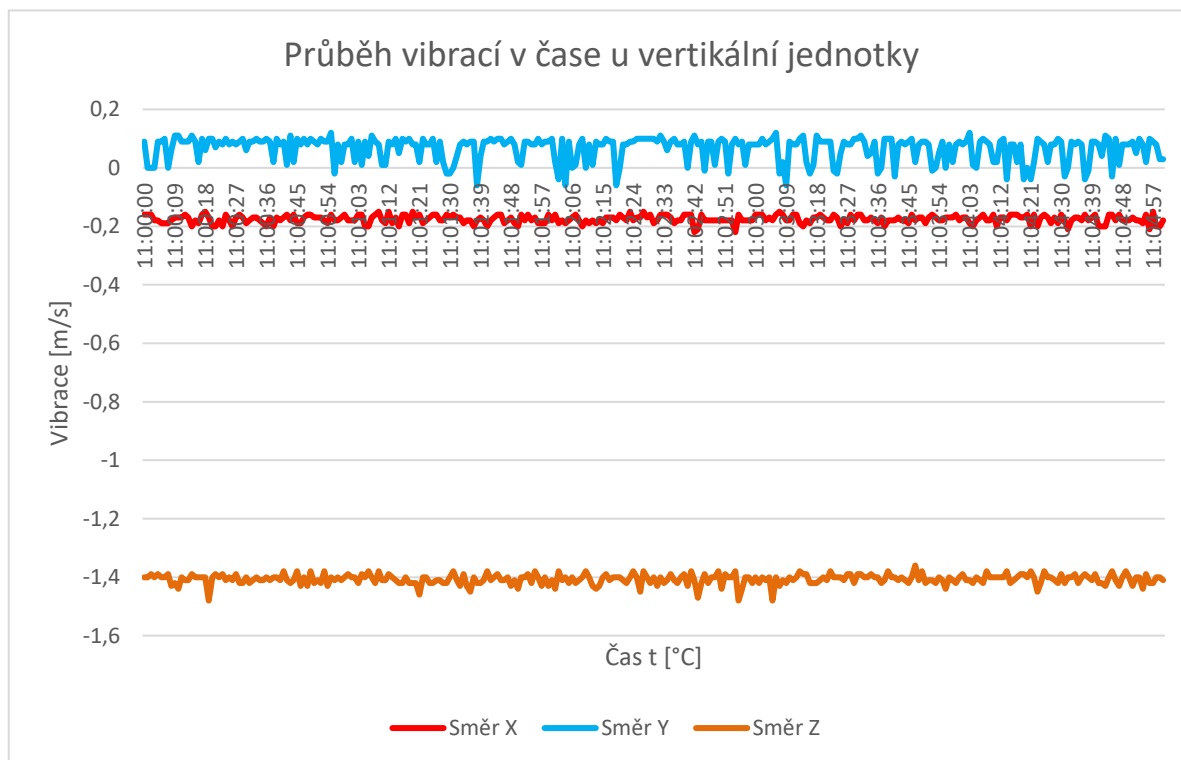


Obrázek 80 Umístění datalogeru pomocí magnetu na jednotce Villavent

#### 4.4.1 Výsledky měření



Graf 32 Průběh vibrací v čase u Lossnay v intervalu 5 min.



Graf 33 Průběh vibrací v čase u Villavent, v intervalu 5 min

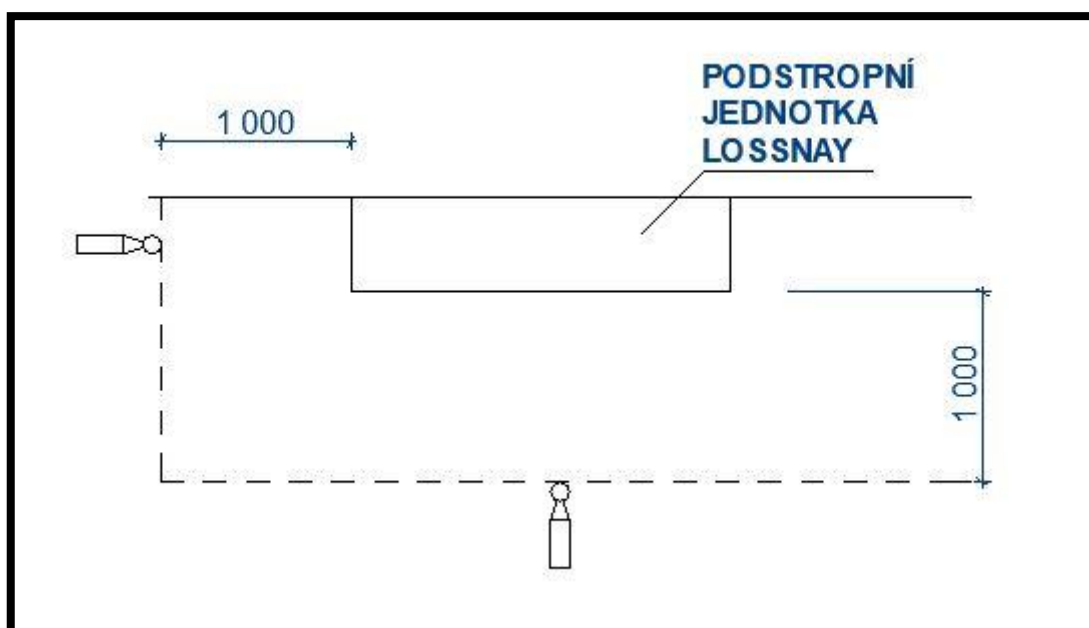
Při měření a posuzování vibrací vycházíme z nařízení vlády č.272/2011 Sb. o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací. Tímto nařízením se stanoví nejvyšší přípustné hodnoty hluku a vibrací pro pracoviště, pro chráněný venkovní prostor, chráněné vnitřní prostory staveb a chráněné venkovní prostory staveb. Limit pro šíření vibrací, je 2,5 m/s. Tuto hranici nepřesáhla ani jedna z jednotek. Nejvyšší hodnota byla naměřena u vertikální jednotky, a to 0,11 m/s.

Omezení vibrací můžeme řešit odpruženými základy, které jsou určeny pro pružné ukládání strojů a zařízení za účelem omezení přenosu vibrací do podlahy. Izolátory chvění snižují přenos vibrací do konstrukcí a omezují tak sekundárně vyzářený hluk do místností.

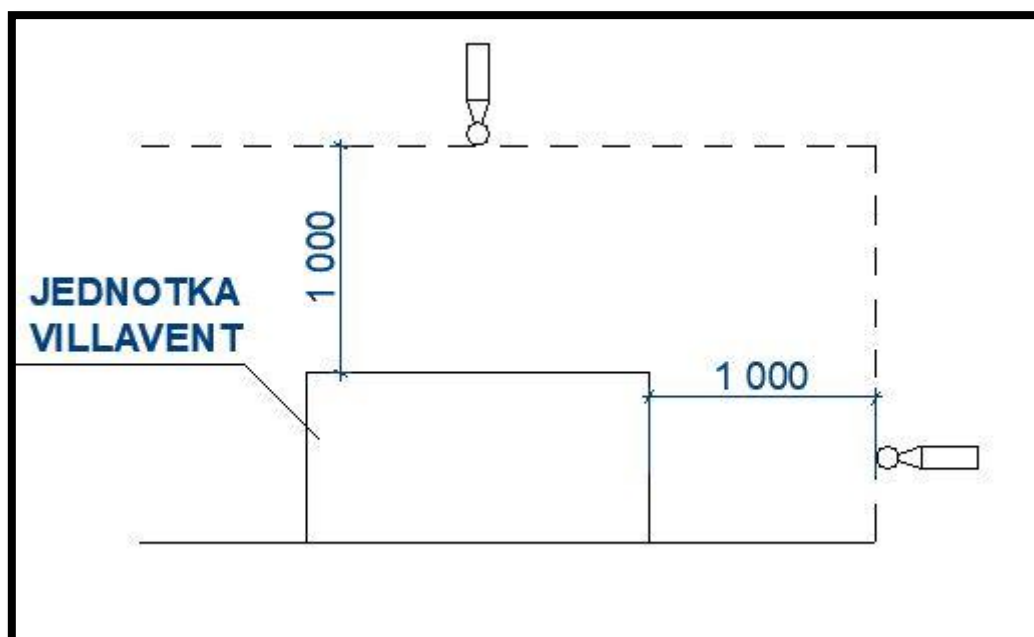
## 4.5 Měření hluku

Na závěr jsem změřila hluk jednotek. Použit byl digitální hlukoměr CEM DV – 8850, s rozsahem 30–130 dB a přesností  $\pm 1,5$  dB. Měření bylo provedeno ve svislé a vodorovné poloze, ve vzdálenosti cca 1 m od jednotek. U podstropní jednotky byl hluk měřen při nejnižších a nejvyšších otáčkách. Jednotka Villavent má otáčky konstantní, proto bylo měření provedeno pouze jednou.





Obrázek 81 Schéma umístění hlukoměru při měření hlučnosti podstropní jednotky



Obrázek 82 Schéma umístění hlukoměru při měření hluku u vertikální jednotky



Obrázek 83 Digitální hlukoměr CEM DV – 8850

Výsledky měření hluku u Villavent

JEDNOTKA	OTÁČKY	POZICE K JEDNOTCE	[dB]
VERTIKÁLNÍ	STŘEDNÍ	SVISLE	43,4
	STŘEDNÍ	VODOROVNĚ	46,3

Výsledky měření hluku u Lossnay

JEDNOTKA	OTÁČKY	POZICE K JEDNOTCE	[dB]
PODSTROPNÍ	NÍZKÉ	SVISLE	28,5
	NÍZKÉ	VODOROVNĚ	27,6
PODSTROPNÍ	VYSOKÉ	SVISLE	35,5
	VYSOKÉ	VODOROVNĚ	33,5

Méně hlučná se ukázala jednotka Lossnay. Při vysokých otáčkách dosahuje vzhledem k svislé poloze hlukoměru hodnot okolo 36 dB, což je stále méně než u vertikální jednotky, kde byl naměřen hluk okolo 46,3 dB. Dle nařízení vlády č.272/2011 Sb. o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací je stanoveno, že v chráněném vnitřním prostoru, nesmí vnitřní zdroj hluku překročit hodnotu 40 dB, což jednotka Lossnay splňuje. Pokud by však hluk překročil limitních 40 dB, pak by muselo dojít k opatření, např. použití akustické izolace nebo pružné kotvení systému.

## 4.6 Závěrečné srovnání jednotek

FUNKČNÍ VLASTNOSTI	PODSTROPNÍ	VERTIKÁLNÍ
Přenos vlhkosti		
Účinnost		
Vibrace		
Hluk		
<b>VYBAVENÍ</b>		
Entalpický výměník		
Elektrický ohřívač		
Teplovodní ohřívač		
Rozměry		
Množství vzduchu		
Rozměry		
Čistitelnost filtrů		
Těsnost		
Tepelná izolace		
Víceotáčkový ventilátor		
EC motor ventilátorů		
Poloha instalace		
Obtok rekuperátoru		
Odvod kondenzátu		
Provoz za extrémně nízkých teplot		

## 4.7 Závěr

Závěrem bych chtěla shrnout všechny mé poznatky. Po vizuální i praktické stránce, bych volila jednotku Lossnay. Má menší rozměry a je v podstropním provedení. Jednotky jsou vybaveny téměř totožně, až na rozdílné výměníky, Lossnay vlastní entalpický, který přenáší jak citelné, tak i vázané teplo, což hodnotím jako velké plus. Kdežto Villavent má výměník pouze deskový plechový výměník, který by vlhkost propouštět vůbec neměl, avšak díky svým netěsnostem a opotřebením tomu tak není a mnohdy přenesl ještě více vázaného tepla než entalpický výměník. Navíc u této jednotky musíme též řešit odvod kondenzátu, a tudíž i napojení na kanalizaci a s tím spojené další práce a náklady. Plusem vertikální jednotky je vestavěný ohřívač vzduchu, díky kterému můžeme vzduch po rekuperaci ještě ohřát na námi požadovanou teplotu v místnosti. U podstropní jednotky ohřívač postrádám. Dalším rozdíl je ve filtrech. Vertikální má na přívodu kapsový filtr F7, který přenesé částice menší frakce než rámečkový filtr G3, který najdeme na přívodu Lossnay. Avšak z hlediska čistitelnosti bych volila spíše rámečkový filtr, který zle snadno vyčistit a používat dále na rozdíl od filtru kapsového, který se musí měnit častěji. U ventilátorů bych hodnotila jejich chod. Zatímco u Lossnay můžeme přepínat mezi nízkými a vysokými otáčkami, dle potřeby, Villavent jede pouze na střední otáčky. I z hlediska hlučnosti jsou ventilátory u podstropní jednotky lepší. Jejich hlučnost i při vysokých otáčkách stále nepřesahuje hygienické

limity, jako ventilátor u vertikální jednotky, pracující při středních otáčkách. A to i přesto, že jednotka má o 20 mm větší tloušťku izolace. Pozitivum jednotky Mitsubischi je také její větší průtok vzduchu, který se pohybuje okolo 500 m<sup>3</sup>/h, kdežto Systemair jen okolo 350 m<sup>3</sup>/h.

Při porovnání účinnosti vítězí jednotka Villavent, která dosahuje okolo 80 % účinnosti a Mitsubischi jen okolo 50 %. Myslím si ale, že při běžném provozu tak velká účinnost, jako u Systemairu nebude splněna. Velkou roli zde hraje to, že měření bylo provedeno v laboratorních podmínkách, kdy v místnosti nemáme tolik zdrojů a lidí, vydávající tepelnou zátěž. Je třeba také vzít v úvahu značné opotřebení této jednotky. Ve srovnání vibrací dopadla Lossnay také lépe. Vibrace se pohybovaly v záporných hodnotách, kdežto u Villavent byla největší vibrace v ose Y a to okolo 0,2 m/s. Zdaleka se sice neblíží k limitním 2,5 m/s, daných normou, avšak je to více než u Lossnay.

Dospěla jsem tedy názoru, že pro svůj projekt v rámci diplomové práce, aplikuju na stavbu rodinného jednotku Lossnay od společnosti Mitsubischi. Protože je ale tato jednotka již staršího typu, bude navržena novější jednotka, která se může v některých komponentech lišit.

## 5 ZÁVĚREČNÉ ZHODNOCENÍ MÉ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Tématem mé diplomové práce je „Vzduchotechnické jednotky pro větrání bytů“. Svou práci jsem započala na začátku března 2017, kdy jsem v rámci mé experimentální práce, začala měřit a porovnávat dvě jednotky určené pro zpětné získávání tepla, které jsou umístěny v laboratoři ústavu TZB E 520. Jednotku Lossnay, která vlastní entalpický výměník, a tudíž přenáší jak teplo, tak vzdušnou vlhkost, a jednotku Villavent, která přenáší pouze teplo. Tyto jednotky jsem porovnávala z hlediska jejich vybavenosti, teplotní účinnosti, přenosu měrné vlhkosti, hlučnosti a z hlediska otřesů. Lepších výsledků dosáhla jednotka Lossnay, která také byla aplikována na projekt rodinného domu v rámci mé diplomové práce.

V rámci projektové části jsem pro zadaný rodinný dům navrhla dvě variantní řešení větrání. Buď větrání domu pouze jednou jednotkou, která přepíná režimy dle potřeby uživatelů anebo větrání domu dvěma jednotkami, kde každý provoz má svou jednotku. Pokud bych měla varianty hodnotit z hlediska počátečních investic a nákladů na provoz, volila bych variantu č. I. Avšak na druhou stranu tady hraje roli i komfort, který jednotky zajišťují pro své uživatele. Při použití pouze jedné jednotky budeme omezeni, jednotka bude obsluhovat buď jednu nebo druhou zónu. U Varianty č. II můžeme používat obě jednotky najednou bez omezení. Nelze tedy s jistotou říci, která z variant je lepší, záleží na našem pohledu na věc.

## 6 POUŽITÉ ZDROJE

### 6.1 Část A

- Seznam použitých zdrojů části A

[1] GEBAUER, Günter, Jiří HIRŠ a Olga RUBINOVÁ. *TZB-Vzduchotechnika*. 30.11.2005. Brno: VUT, FAST, Brno, 2005.

[2] DRKAL, František, Miloš LAIN, Jan SCHWARZER a Vladimír ZMRHAL. *Vzduchotechnika*. 2009. Praha, 2009.

[3] [Http://www.qpro.cz/](http://www.qpro.cz/) [online]. [cit. 2017-09-12]. Dostupné z: <http://www.qpro.cz/ZTZ-rekuperace-regenerace>

[4] [Http://www.qpro.cz](http://www.qpro.cz/) [online]. [cit. 2017-09-12]. Dostupné z: <http://www.qpro.cz/Psychrometricke-vypocty-informace>

[5] [Http://www.qpro.cz](http://www.qpro.cz/) [online]. [cit. 2017-09-12]. Dostupné z: <http://www.qpro.cz/ZTZ-rekuperace-regenerace>

[6] [Http://vetrani.tzb-info.cz](http://vetrani.tzb-info.cz) [online]. [cit. 2017-09-14]. Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-s-rekuperaci/3688-zpetne-ziskavani-tepla-ve-vetrani-a-klimatizaci-ii>

[7] [Http://vetrani.tzb-info.cz](http://vetrani.tzb-info.cz) [online]. [cit. 2017-09-15]. Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-s-rekuperaci/6325-zpetne-ziskavani-tepla-a-vetrani-objektu>

[8] Šíkula Ondřej. Přednášky z chlazení

[9] Šíkula Ondřej. Přednášky z chlazení

[10] [Http://www.remak.eu/](http://www.remak.eu/) [online]. [cit. 2017-10-03]. Dostupné z: <http://www.remak.eu/cs/aktualita/druha-generace-bazenovych-jednotek>

[11] [Http://www.remak.eu/](http://www.remak.eu/) [online]. [cit. 2017-10-03]. Dostupné z: <http://www.remak.eu/cs/aktualita/druha-generace-bazenovych-jednotek>

[12] [Http://www.remak.eu/](http://www.remak.eu/) [online]. [cit. 2017-10-03]. Dostupné z: <http://www.remak.eu/cs/aktualita/druha-generace-bazenovych-jednotek>

[13] [Http://www.remak.eu/](http://www.remak.eu/) [online]. [cit. 2017-10-03]. Dostupné z: <http://www.remak.eu/cs/aktualita/druha-generace-bazenovych-jednotek>

[14] VRÁNA, Jakub. *Technická zařízení budov v praxi: [příručka pro stavaře]*. Praha: Grada, 2007. Stavitel. ISBN 978-80-247-1588-9.

GEBAUER, Günter, Jiří HIRŠ a Olga RUBINOVÁ. *TZB-Vzduchotechnika*. 30.11.2005. Brno: VUT, FAST, Brno, 2005

Rubina, Aleš. Přednášky ze vzduchotechniky.

ADAMOVSKEÝ, Daniel. Zpětné získávání tepla a chladu ve vzduchotechnice: Přednáška.

VRÁNA, Jakub. *Technická zařízení budov v praxi: [příručka pro stavaře]*. Praha: Grada, 2007. Stavitel. ISBN 978-80-247-1588-9.

ZMRHAL, Vladimír. *Větrání rodinných a bytových domů*. Praha: Grada, 2014. Profi. ISBN 978-80-247-4573-2.

[Http://vetrani.tzb-info.cz](http://vetrani.tzb-info.cz) [online]. [cit. 2017-09-12]. Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-s-rekuperaci/6325-zpetne-ziskavani-tepla-a-vetrani-objektu>

GEBAUER, Günter, Olga RUBINOVÁ a Helena HORKÁ. *Vzduchotechnika*. 2. vyd. Brno: ERA, 2007. Technická knihovna (ERA). ISBN 978-80-7366-091-8.

- Seznam zdrojů obrázků části A

- (1) ADAMOVSKEÝ, Daniel. Zpětné získávání tepla a chladu ve vzduchotechnice: Přednáška.
- (2) In: [Http://www.qpro.cz](http://www.qpro.cz) [online]. [cit. 2017-09-12]. Dostupné z: <http://www.qpro.cz/Psychrometricke-vypocty-informace>
- (3) In: [Http://www.qpro.cz](http://www.qpro.cz) [online]. [cit. 2017-09-12]. Dostupné z: <http://www.qpro.cz/Psychrometricke-vypocty-informace>
- (4) *Vlastní zdroj*
- (5) In: [Http://zdravydum.elmet.cz](http://zdravydum.elmet.cz) [online]. [cit. 2017-09-12]. Dostupné z: <http://zdravydum.elmet.cz/pasivni-rekuperace>
- (6) *Vlastní zdroj*
- (7) In: [Http://www.nilan.cz](http://www.nilan.cz) [online]. [cit. 2017-09-12]. Dostupné z: <http://www.nilan.cz/produkty/tepne-trubice/>
- (8) *Vlastní zdroj*
- (9) *Větrání s rekuperací: Funkce entalpického výměníku a jeho využití* [online]. In: . [cit. 2018-01-10]. Dostupné z: <http://www.infobydleni.cz/news/vetrani-s-rekuperaci-8-funkce-entalpickeho-vymeniku-a-jeho-vyuziti/>
- (10) ADAMOVSKEÝ, Daniel. Zpětné získávání tepla a chladu ve vzduchotechnice: Přednáška.
- (11) ADAMOVSKEÝ, Daniel. Zpětné získávání tepla a chladu ve vzduchotechnice: Přednáška.
- (12) In: [Http://www.ciat.cz/](http://www.ciat.cz/) [online]. [cit. 2017-09-12]. Dostupné z: <http://www.ciat.cz/vymeniky-tepla/lamelove-vymeniky>
- (13) ADAMOVSKEÝ, Daniel. Zpětné získávání tepla a chladu ve vzduchotechnice: Přednáška.
- (14) Gebauer, Günter. *TZB - Vzduchotechnika*. Brno : autor neznámý, 2005.
- (15) In: [Https://www.ventilatierecuperarecaldura.ro/](https://www.ventilatierecuperarecaldura.ro/) [online]. [cit. 2017-10-03]. Dostupné z: <https://www.ventilatierecuperarecaldura.ro/centrala-ventilatie-vents-vut-r-900-wh-ec>
- (16) In: [Http://vetrani.tzb-info.cz/](http://vetrani.tzb-info.cz/) [online]. [cit. 2017-10-03]. Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-s-rekuperaci/15795-moderni-rotacni-vymeniky-tepla>
- (17) Gebauer, Günter. *TZB - Vzduchotechnika*. Brno : autor neznámý, 2005.
- (18) GEBAUER, Günter, Olga RUBINOVÁ a Helena HORKÁ. *Vzduchotechnika*. 2. vyd. Brno: ERA, 2007. Technická knihovna (ERA). ISBN 978-80-7366-091-8.



- (19) ADAMOVSKEÝ, Daniel. Zpětné získávání tepla a chladu ve vzduchotechnice: Přednáška.
- (20) GEBAUER, Günter, Olga RUBINOVÁ a Helena HORKÁ. *Vzduchotechnika*. 2. vyd. Brno: ERA, 2007. Technická knihovna (ERA). ISBN 978-80-7366-091-8.
- (21) Gebauer, Günter. *TZB - Vzduchotechnika*. Brno : autor neznámý, 2005.
- (22) Šíkula Ondřej. Přednášky z chlazení
- (23) GEBAUER, Günter, Olga RUBINOVÁ a Helena HORKÁ. *Vzduchotechnika*. 2. vyd. Brno: ERA, 2007. Technická knihovna (ERA). ISBN 978-80-7366-091-8.
- (24) In: [Http://www.remak.eu/](http://www.remak.eu/) [online]. [cit. 2017-10-03]. Dostupné z: <http://www.remak.eu/cs/aktualita/druha-generace-bazenovych-jednotek>
- (25) In: [Http://www.remak.eu/](http://www.remak.eu/) [online]. [cit. 2017-10-03]. Dostupné z: <http://www.remak.eu/cs/aktualita/druha-generace-bazenovych-jednotek>
- (26) In: [Http://www.remak.eu/](http://www.remak.eu/) [online]. [cit. 2017-10-03]. Dostupné z: <http://www.remak.eu/cs/aktualita/druha-generace-bazenovych-jednotek>
- (27) In: [Http://www.remak.eu/](http://www.remak.eu/) [online]. [cit. 2017-10-03]. Dostupné z: <http://www.remak.eu/cs/aktualita/druha-generace-bazenovych-jednotek>

## 6.2 Část B

- Seznam použitých zdrojů části B

[15] [online]. [cit. 2018-01-10]. Dostupné z: [http://www.mandik.cz/getattachment/a243f18b-377d-4651-8e55-5d53014b0625/001\\_96\\_cz\\_VVM.aspx](http://www.mandik.cz/getattachment/a243f18b-377d-4651-8e55-5d53014b0625/001_96_cz_VVM.aspx)

[16] [online]. [cit. 2018-01-10]. Dostupné z: [http://www.mandik.cz/getattachment/4465fbc5-7b39-4bfb-9c7c-2ec12bd8612f/016\\_01\\_cz\\_SVM.aspx](http://www.mandik.cz/getattachment/4465fbc5-7b39-4bfb-9c7c-2ec12bd8612f/016_01_cz_SVM.aspx)

[17] [online]. [cit. 2018-01-10]. Dostupné z: [http://www.mandik.cz/getattachment/5f202b61-9281-40f6-8cf1-098b502d0823/065\\_06\\_cz\\_VSV.aspx](http://www.mandik.cz/getattachment/5f202b61-9281-40f6-8cf1-098b502d0823/065_06_cz_VSV.aspx)

[18] [online]. [cit. 2018-01-10]. Dostupné z: [http://www.mandik.cz/getattachment/39f9280f-9343-4b9e-b06d-689eca38fbda/028\\_03\\_cz\\_TVPM\\_TVOM.aspx](http://www.mandik.cz/getattachment/39f9280f-9343-4b9e-b06d-689eca38fbda/028_03_cz_TVPM_TVOM.aspx)

[19] [online]. [cit. 2018-01-10]. Dostupné z: [http://www.mandik.cz/getattachment/3d0f1aa9-2108-4a15-893f-9d67be956d0a/014\\_01\\_cz\\_SMM.aspx](http://www.mandik.cz/getattachment/3d0f1aa9-2108-4a15-893f-9d67be956d0a/014_01_cz_SMM.aspx)

<http://www.lindab.com>

<http://www.lossnay.cz/>

<http://www.qpro.cz/>

<http://vetrani.tzb-info.cz/normy-a-pravni-predpisy-vetrani-klimatizace/8239-pozadavky-na-vetrani-obytnych-budov-dle-csn-en-15-665-z1>

ČSN EN 15665 – Větrání budov – stanovení výkonových kritérií pro větrací systémy obytných budov

- Seznam zdrojů obrázků části B

(31) *Požadavky na větrání obytných budov dle ČSN EN 15 665/Z1* [online]. In: . [cit. 2018-01-10]. Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/normy-a-pravni-predpisy-vetrani-klimatizace/8239-pozadavky-na-vetrani-obytnych-budov-dle-csn-en-15-665-z1>

(32) *Vyústění s vířivým výtokem vzduchu* [online]. In: . [cit. 2018-01-10]. Dostupné z: <http://www.mandik.cz/produktova-rada/distribucni-elementy/anemostaty/vvm>

(33) *Tlaková ztráta a akustický výkon, rychlost proudění vzduchu* [online]. In: . [cit. 2018-01-10]. Dostupné z: [http://www.mandik.cz/getattachment/a243f18b-377d-4651-8e55-5d53014b0625/001\\_96\\_cz\\_VVM.aspx](http://www.mandik.cz/getattachment/a243f18b-377d-4651-8e55-5d53014b0625/001_96_cz_VVM.aspx)

(34) *SVM: Stěnová vyústka* [online]. In: . [cit. 2018-01-10]. Dostupné z: <http://www.mandik.cz/produktova-rada/distribucni-elementy/mrizky-a-vyustky/svm>

(35) *Akustické výkony tlakové ztráty* [online]. In: . [cit. 2018-01-10]. Dostupné z: [http://www.mandik.cz/getattachment/4465fbc5-7b39-4bfb-9c7c-2ec12bd8612f/016\\_01\\_cz\\_SVM.aspx](http://www.mandik.cz/getattachment/4465fbc5-7b39-4bfb-9c7c-2ec12bd8612f/016_01_cz_SVM.aspx)

(36) *VSV: Vyústění se štěrbinovým výtokem vzduchu* [online]. In: . [cit. 2018-01-10]. Dostupné z: <http://www.mandik.cz/produktova-rada/distribucni-elementy/vyuste-a-ostatni/vsv>

- (37) Objemový průtok, efektivní plocha [online]. In: . [cit. 2018-01-10]. Dostupné z: [http://www.mandik.cz/getattachment/5f202b61-9281-40f6-8cf1-098b502d0823/065\\_06\\_cz\\_VSV.aspx](http://www.mandik.cz/getattachment/5f202b61-9281-40f6-8cf1-098b502d0823/065_06_cz_VSV.aspx)
- (38) Akustické výkony, tlakové ztráty a dosahy vzdušných proudů [online]. In: . [cit. 2018-01-10]. Dostupné z: [http://www.mandik.cz/getattachment/5f202b61-9281-40f6-8cf1-098b502d0823/065\\_06\\_cz\\_VSV.aspx](http://www.mandik.cz/getattachment/5f202b61-9281-40f6-8cf1-098b502d0823/065_06_cz_VSV.aspx)
- (39) TVOM [online]. In: . [cit. 2018-01-10]. Dostupné z: <http://www.mandik.cz/produktova-rada/distribucni-elementy/dyzy-a-ventily/tvom,-tvpm>
- (40) TVMP [online]. In: . [cit. 2018-01-10]. Dostupné z: <http://www.mandik.cz/produktova-rada/distribucni-elementy/dyzy-a-ventily/tvom,-tvpm>
- (41) Tlakové ztráty a hladiny akustických výkonů [online]. In: . [cit. 2018-01-10]. Dostupné z: [http://www.mandik.cz/getattachment/39f9280f-9343-4b9e-b06d-689eca38fbda/028\\_03\\_cz\\_TVPM\\_TVOM.aspx](http://www.mandik.cz/getattachment/39f9280f-9343-4b9e-b06d-689eca38fbda/028_03_cz_TVPM_TVOM.aspx)
- (42) Tlakové ztráty a hladiny akustických výkonů [online]. In: . [cit. 2018-01-10]. Dostupné z: [http://www.mandik.cz/getattachment/39f9280f-9343-4b9e-b06d-689eca38fbda/028\\_03\\_cz\\_TVPM\\_TVOM.aspx](http://www.mandik.cz/getattachment/39f9280f-9343-4b9e-b06d-689eca38fbda/028_03_cz_TVPM_TVOM.aspx)
- (43) SMM [online]. In: . [cit. 2018-01-10]. Dostupné z: <http://www.mandik.cz/produktova-rada/distribucni-elementy/mrizky-a-vyustky/smm>
- (44) Efektivní rychlost [online]. In: . [cit. 2018-01-10]. Dostupné z: [http://www.mandik.cz/getattachment/3d0f1aa9-2108-4a15-893f-9d67be956d0a/014\\_01\\_cz\\_SMM.aspx](http://www.mandik.cz/getattachment/3d0f1aa9-2108-4a15-893f-9d67be956d0a/014_01_cz_SMM.aspx)
- (45) Tlakové ztráty [online]. In: . [cit. 2018-01-10]. Dostupné z: [http://www.mandik.cz/getattachment/3d0f1aa9-2108-4a15-893f-9d67be956d0a/014\\_01\\_cz\\_SMM.aspx](http://www.mandik.cz/getattachment/3d0f1aa9-2108-4a15-893f-9d67be956d0a/014_01_cz_SMM.aspx)
- (46) VÝPOČET VÝKONU ZEMNÍHO VÝMĚNÍKU - ZVT [online]. In: . [cit. 2018-01-10]. Dostupné z: <http://www.qpro.cz/Zemni-vymnenik-kolektor>
- (47) VÝPOČET VÝKONU ZEMNÍHO VÝMĚNÍKU - ZVT [online]. In: . [cit. 2018-01-10]. Dostupné z: <http://www.qpro.cz/Zemni-vymnenik-kolektor>
- (48) VÝPOČET VÝKONU ZEMNÍHO VÝMĚNÍKU - ZVT [online]. In: . [cit. 2018-01-10]. Dostupné z: <http://www.qpro.cz/Zemni-vymnenik-kolektor>

## 6.3 Část C

- Seznam použitých zdrojů části C

1. <http://www.lossnay.cz/>
2. <https://www.systemair.com/xen/Villavent-UK/>
3. Nařízení vlády č. 272/2011 Sb. *Nařízení vlády o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací*

- Seznam zdrojů obrázků části C

(66) *Vzduchotechnická jednotka Lossnay* [online]. In: . [cit. 2018-01-10]. Dostupné z: <http://www.lossnay.cz/>

(67) *Vzduchotechnická jednotka Lossnay* [online]. In: . [cit. 2018-01-10]. Dostupné z: <http://www.lossnay.cz/>

(69) [online]. In: . [cit. 2018-01-10]. Dostupné z: <https://www.systemair.com/xen/Villavent-UK/>

(75) Kalibrovaný datalogger Comet S3120E - teplota, vlhkost [online]. In: . [cit. 2018-01-10]. Dostupné z: [https://www.prodej-servis-vah.cz/Kalibrovaný-datalogger-Comet-S3120E-teplota-vlhkost-d3772.htm?gclid=Cj0KCQiAkNfSBRCsARIsAL-u3X8dvhXxh\\_-iVULQ0LIiEXCJ5fzGCOiIJYaASICJM528fPePe-UfFRUaAplvEALw\\_wcB](https://www.prodej-servis-vah.cz/Kalibrovaný-datalogger-Comet-S3120E-teplota-vlhkost-d3772.htm?gclid=Cj0KCQiAkNfSBRCsARIsAL-u3X8dvhXxh_-iVULQ0LIiEXCJ5fzGCOiIJYaASICJM528fPePe-UfFRUaAplvEALw_wcB)

(76) *Teploměr, vlhkoměr se záznamem COMET S3121 s externí sondou* [online]. In: . [cit. 2018-01-10]. Dostupné z: <http://www.mericitechnika.cz/teplomer-vlhkomer-se-zaznamem-comet-s3121-s-externi-sondou>

## 6.4 Seznam obrázků

Obrázek 1 Princip ZZT (1).....	13
Obrázek 2 H-X diagram znázorňující rekuperaci (2).....	15
Obrázek 3 H-X diagram znázorňující regeneraci (3).....	15
Obrázek 4 Deskový rekuperátor (4) .....	17
Obrázek 5 Schéma deskového rekuperátoru (5).....	17
Obrázek 6 Funkční schéma – zapojení deskového výměníku ve VZT jednotce (6) .....	18
Obrázek 7 Entalpický výměník z nasákového papíru Core (7).....	19
Obrázek 8 Přenos vodní páry a teploty přes membránu výměníku (8) .....	19
Obrázek 9 Tepelné trubice ve VZT jednotce (9) .....	20
Obrázek 10 Schéma tepelné trubice (10).....	21
Obrázek 11 Zapojení TT ve VZT jednotce (11).....	21
Obrázek 12 Lamelový výměník (12) .....	22
Obrázek 13 Schéma ZZT s kapalinovým okruhem (13) .....	23
Obrázek 14 Schéma zařízení s kapalinovým okruhem a lamelovým výměníkem (14) .....	23
Obrázek 15 Rotační výměník tepla (15) .....	24

Obrázek 16 Schéma principu rotačního výměníku (16) .....	25
Obrázek 17 Schéma zapojení ve VZT jednotce (17) .....	26
Obrázek 18 Schéma přepínacího výměníku (18).....	26
Obrázek 19 Schéma přepínacího výměníku. 1,2 – ochlazovaný vzduch; 3,4 – ohříváný vzduch (19).....	27
Obrázek 20 ZZT s tepelným čerpadlem (20) .....	27
Obrázek 21 Schéma Carnotova obráceného cyklu (21) .....	28
Obrázek 22 p-h diagram Carnotova obráceného cyklu (22) .....	28
Obrázek 23 Větrací jednotka s tepelným čerpadlem a deskovým výměníkem (23).....	29
Obrázek 24 Cirkulační cyklus (24) .....	30
Obrázek 25 Cyklus při zvýšené vlhkosti v exteriéru (25).....	30
Obrázek 26 Odvlhčování v útlumovém režimu (26).....	30
Obrázek 27 Běžný režim v provozních hodinách (27) .....	31
Obrázek 28 1.PP .....	34
Obrázek 29 1.NP.....	34
Obrázek 30 2.NP.....	34
Obrázek 31 Požadavky na větrání obytných budov národní přílohy Z1 k ČSN EN 15665 .....	35
Obrázek 32 Vířivý anemostat (32).....	38
Obrázek 33 Graf pro akustický výkon $L_{wa}$ [dB] a tlakovou ztrátu $\Delta p$ [Pa] vířivého anemostatu (33).....	39
Obrázek 34 Stěnová výústka SVM NV (34).....	39
Obrázek 35 Graf pro akustický výkon $L_{wa}$ [dB] a tlakovou ztrátu $\Delta p$ [Pa] stěnové výústky SVM (35).....	40
Obrázek 36 Výúst se štěrbinovým výtokem vzduchu VSV (36) .....	41
Obrázek 37 Návrhová tabulka pro štěrbinovou výústku (37) .....	41
Obrázek 38 Graf pro akustický výkon $L_{wa}$ [dB] a tlakovou ztrátu $\Delta p$ [Pa] štěrbinové výústky (38).....	42
Obrázek 39 Taliřový ventil TVMP pro přívod vzduchu (39).....	42
Obrázek 40 Taliřový ventil TVOM pro odvod vzduchu (40) .....	42
Obrázek 41 Graf pro akustický výkon $L_{wa}$ [dB] a tlakovou ztrátu $\Delta p$ [Pa].....	43
Obrázek 42 Graf pro akustický výkon $L_{wa}$ [dB] a tlakovou ztrátu $\Delta p$ [Pa].....	43
Obrázek 43 Stěnová mřížka SMM (43).....	44
Obrázek 44 Návrhový graf pro určení efektivní rychlosti pro stěnovou mřížku (44).....	44
Obrázek 45 Návrhový graf pro určení tlakové ztráty pro stěnovou mřížku (45) .....	45
Obrázek 46 Varianta I. - potrubní rozvody v 1.PP .....	52
Obrázek 47 Varianta I. - potrubní rozvody v 1.NP.....	53
Obrázek 48 Varianta I. - potrubní rozvody v 2.NP.....	54
Obrázek 49 Výstup z program stránky <a href="http://www.qpro.cz">www.qpro.cz</a> , pro přibližný výpočet zemního výměníku v zimním období při teplotě -12 °C. (49) .....	55
Obrázek 50 Výstup z program stránky <a href="http://www.qpro.cz">www.qpro.cz</a> , pro přibližný výpočet zemního výměníku v zimním období při teplotě -6 °C. (50) .....	56
Obrázek 51 Výstup z program stránky <a href="http://www.qpro.cz">www.qpro.cz</a> , pro přibližný výpočet zemního výměníku v letním období při teplotě 25 °C. (51).....	57

Obrázek 52 Výstup ze softwaru Mitsubishi Lossnay Selection .....	59
Obrázek 53 Výstup ze softwaru Mitsubishi Lossnay Economical Calculation .....	60
Obrázek 54 - Varianta II. - potrubní rozvody v 1.PP .....	68
Obrázek 55 Varianta II. - potrubní rozvody v 1.NP.....	69
Obrázek 56 Varianta II. - potrubní rozvody v 2.NP.....	70
Obrázek 57 Výstup z programu Mitsubishi Lossnay Selection, při návrhu jednotky LGH – 100 RVX – E .....	72
Obrázek 58 Výstup z programu Mitsubishi Lossnay Economical Calculation, při návrhu jednotky LGH – 100 RVX – E.....	73
Obrázek 59 Regulační schéma I. varianty (větší měřítko viz přílohy) (53) .....	83
Obrázek 60 Schéma zapojení varianty II. A (viz přílohy) .....	92
Obrázek 61 Schéma zapojení varianty II.B (viz přílohy) .....	92
Obrázek 62 Jednotka Mitsubischi Lossnay .....	95
Obrázek 63 Vnitřní prostor jednotky, konkrétně entalpický výměník a filtry .....	96
Obrázek 64 Rámečkový filtr jednotky Lossnay, který byl v rámci experimentu vyluxován. Pro porovnání – levá strana je již vyčištěna, pravá strana stále znečištěna prachem a nečistotami. ....	96
Obrázek 65 Entalpický výměník jednotky Lossnay, z upraveného nasávkového papíru Core. Drátěné konstrukce slouží k upevnění čidel .....	97
Obrázek 66 Struktura papírového entalpického výměníku (66) .....	97
Obrázek 67 Schéma jednotky Lossnay (67).....	98
Obrázek 68 Vnitřní prostor rekuperační jednotky Systemair Villavent VX 400 E.....	99
Obrázek 69 Schéma a rozměry vertikální jednotky Villavent (69) .....	100
Obrázek 70 Uzavřená jednotka (62).....	100
Obrázek 71 Anemometr velký připojen na univerzální datalogger Almemo 2590 .....	101
Obrázek 72 Anemometr malý – připojen na univerzální datalogger .....	101
Obrázek 73 Rozmístění měřících čidel ve vertikální jednotce.....	104
Obrázek 74 Uchycení čidla pomocí drátěné úchytky v jednotce Lossnay.....	105
Obrázek 75 Datalogger Comet S 3120 (75) .....	106
Obrázek 76 použit datalogger Comet S 3120 s externí sondou pro měření teploty v prostoru místnosti (76).....	106
Obrázek 77 Schéma proudění vzduchu (legenda ke grafům) .....	108
Obrázek 78 Datalogger pro měření vibrací .....	127
Obrázek 79 Umístění dataloggeru pomocí magnetu na jednotce Lossnay.....	127
Obrázek 80 Umístění dataloggeru pomocí magnetu na jednotce Villavent .....	128
Obrázek 81 Schéma umístění hlukoměru při měření hlučnosti podstropní jednotky .....	130
Obrázek 82 Schéma umístění hlukoměru při měření hluku u vertikální jednotky.....	130
Obrázek 83 Digitální hlukoměr CEM DV – 8850 .....	131

## 6.5 Seznam grafů

Graf 1 HX diagram pro jednotku Mitsubishi Lossnay LGH – 250 RX5-E .....	61
Graf 2 Pracovní bod ventilátoru .....	62
Graf 3 HX diagram pro jednotku Mitsubishi Lossnay LGH – 100 RX5-E .....	74
Graf 4 Pracovní bod ventilátoru jednotky LGH – 100 RVX-E .....	75
Graf 5 – Průběh teplot v prvním týdnu měření, u podstropní jednotky .....	109
Graf 6 Průběh teplot v první týdnu měření, u vertikální jednotky .....	109
Graf 7 Průběh teplot u podstropní jednotky 24.4.2017 .....	110
Graf 8 Průběh teplot u vertikální jednotky 24.4.2017 .....	110
Graf 9 Průběh účinností rekuperace 24.4.2017 .....	111
Graf 10 Průběh měrné vlhkosti 24.4.2017 .....	111
Graf 11 Průběh parciálních tlaků 24.4.2017 .....	112
Graf 12 HX diagram jednotky Lossnay z 24.4, v 8h 30 min .....	113
Graf 13 HX diagram jednotky Villavent z 24.4, v 8h 30 min .....	114
Graf 14 Průběh teplot v druhém týdnu měření, u podstropní jednotky .....	115
Graf 15 Průběh teplot v druhém týdnu měření, u vertikální jednotky .....	115
Graf 16 Průběh teplot u podstropní jednotky 29.4. ....	116
Graf 17 Průběh teplot u vertikální jednotky 29.4.2017 .....	117
Graf 18 Průběh účinností rekuperace 29.4.2017 .....	117
Graf 19 Průběh měrné vlhkosti 29.4.2017 .....	118
Graf 20 Průběh parciálních tlaků 29.4.2017 .....	118
Graf 21 HX diagram jednotky Lossnay ze dne 29.4, v 12:00 .....	119
Graf 22 HX diagram jednotky Villavent ze dne 29.4, ve 12:00 .....	120
Graf 23 Průběh teplot ve třetím týdnu měření, u podstropní jednotky .....	121
Graf 24 Průběh teplot ve třetím týdnu měření, u vertikální jednotky .....	121
Graf 25 Průběh teplot u podstropní jednotky 7.5.2017 .....	122
Graf 26 Průběh teplot u vertikální jednotky 7.5.2017 .....	123
Graf 27 Průběh účinností rekuperace 7.5.2017 .....	123
Graf 28 Průběh měrné vlhkosti 7.5.2017 .....	124
Graf 29 Průběh parciálních tlaků 7.5.2017 .....	124
Graf 30 Úprava vzduchu jednotky Lossnay, znázorněná v HX diagramu 7.5. 2017, ve 2h 30 min .....	125
Graf 31 Úprava vzduchu jednotky Villavent znázorněná v HX diagramu 7. 5. 2017, ve 2h 30 min .....	126
Graf 32 Průběh vibrací v čase u Lossnay v intervalu 5 min. ....	128
Graf 33 Průběh vibrací v čase u Villavent, v intervalu 5 min .....	129



## 7 PŘÍLOHY

01 Varianta I. - Půdorys 1.PP 1:50

02 Varianta I. - Půdorys 1.NP 1:50

03 Varianta I. - Půdorys 2.NP 1:50

04 Varianta I. – Řezy 1:50

05 Varianta I. – Regulační schéma

06 Varianta II. - Půdorys 1.PP 1:50

07 Varianta II. - Půdorys 1.NP 1:50

08 Varianta II. - Půdorys 2.NP 1:50

09 Varianta II. – Řezy 1:50

10 Varianta II. – Regulační schéma

11 Varianta č. I-Technický list zařízení

12 Varianta č. II-Technický list zařízení č. 1 a zařízení č. 2